

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

1

明細書

電動機

技術分野

5 本発明は、電気モータや発電機などの電動機 (Electric Machine) に関する。

背景技術

電動モータには、シンクロナス (同期) モータとインダクション (誘導) モータの2種類がある。また、モータの種類は、ロータの違いにより、永久磁石を使ったマグネット型と、コイルが巻いてある巻線型と、鉄などの強磁性体を使ったリアクタンス型とに分類することも可能である。マグネット型は、ロータの永久磁石がステータの回転磁界に引かれて回転する。

マグネット型のシンクロナスモータとして、例えば、特開平8-51745号公報に記載された小型同期モータが存在する。この小型同期モータは、励磁コイルを巻回したステータコアと、マグネットを含むロータとを備えている。

しかしながら、従来のモータは、発生トルクに比較して重量が嵩み、発生トルクを大きくしようとするとも発生トルクと重量の比が大きく悪化してしまうという課題があった。また、更に高磁束密度な磁石を用いた場合には、鉄損失の影響により、始動時に膨大な電流を流さなければ動作しないという問題があった。

20

発明の開示

この発明は、従来と異なる構造の電動機を提供することを目的とする。

本発明による電動機は、所定方向に沿って配置された複数のコイルを含む第1のコイル群と、前記第1のコイル群に対面しているとともに、前記第1のコイル群に対して前記所定方向に沿って相対的に移動可能な磁石群と、を備える。前記第1のコイル群はそれぞれ n 個 (n は1以上の整数) のコイルで構成される

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

2

M相（Mは2以上の整数）のサブコイル群に分類されているとともに、前記所定の方向に沿って第1相サブコイル群から第M相サブコイル群までの各サブコイル群のコイルが所定のサブコイル群間隔 D_c で1つずつ順番に配列されている。前記磁石群に関して前記所定の方向に沿って電気角で π に相当する距離を磁極ピッチ P_m と定義したとき、前記サブコイル群間隔 D_c は前記磁極ピッチ P_m の K/M 倍（KはMの整数倍を除く正の整数）の値に設定されている。隣接するサブコイル群同士は、 $(K/M)\pi$ の位相差で駆動される。各コイルは磁性体製のコアを実質的に有していないことが好ましい。

この電動機は、磁性体製のコアを実質的に有していないので、コギングが発生せずに安定したなめらかな回転が可能である。また、サブコイル群間隔 D_c と磁極ピッチ P_m との間には $D_c = (K/M) P_m$ の関係があり、隣接するサブコイル群同士は $(K/M)\pi$ の位相差で駆動されるので、コイル群と磁石群との位置関係が中立位置（動作方向に正味の力が働かずに始動できない位置）を取ることが無い。従って、常に所望の動作方向（順方向または逆方向）に電動機を始動することが可能である。

なお、前記整数Kと前記整数Mは1以外の公倍数を有していないことが好ましい。この理由は、仮に、KとMが1以外の公倍数Nを有している場合には、電動機の実質的な相数が M/N になると考え得るからである。例えば、 $K=6$ 、 $M=4$ の場合には4組のサブコイル群を有する4相の電動機として構成されるが、これは実質的には $K=3$ 、 $M=2$ である2相の電動機と実質的に同じであると考えることができる。

前記第1のコイル群側から前記磁石群を見たとき、前記所定の方向に沿ってN極とS極とが交互に配置されていてもよい。このとき、前記N極とS極のピッチは前記磁極ピッチ P_m に等しい。

あるいは、前記第1のコイル群側から前記磁石群を見たとき、前記所定の方向に沿ってN極とS極との中の所定の一方である同極が繰り返し配置されていて

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

3

もよい。このとき、前記同極同士のピッチは前記磁極ピッチ P_m の2倍に等しい。

上記電動機は、さらに、前記コイル群および前記磁石群を収納するケースを備えており、各コイルは、実質的に非磁性かつ非導電性の材料で形成された支持材の回りに巻き回されており、前記ケースは、実質的に非磁性かつ非導電性の材料
5 で形成されているものとしてもよい。

この構成によれば、鉄損がほとんど無い電動機を実現することができる。

上記電動機は、回転軸と、軸受け部以外の構造材は、実質的に非磁性かつ非導電性の材料で形成されているものとしてもよい。

この構成によれば、さらに軽量化が可能であり、また、鉄損をさらに低減する
10 ことができる。

なお、前記整数 K は奇数であり、各サブコイル群のコイル数 n は2以上であり、同一相のサブコイル群に属する隣り合うコイル同士が常に逆極性に励磁されるように互いに接続されているものとしてもよい。

あるいは、前記整数 K は偶数であり、各サブコイル群のコイル数 n は2以上で
15 あり、同一相のサブコイル群に属するすべてのコイルが常に同じ極性に励磁されるように互いに接続されているものとしてもよい。

前記電動機は、さらに、前記磁石群を挟んで前記第1のコイル群と反対側に設けられているとともに、前記第1のコイル群との相対的な位置が固定されている第2のコイル群を備えていてもよい。前記第2のコイル群は、前記第1のコイル群と同一のコイル配置を有しており、前記第1のコイル群の第 m 相のサブコイル群(m は1~ M の整数)と、前記第2のコイル群の第 m 相のサブコイル群とは、前記磁石群を挟んで対向する位置に配置されているとともに常に同じ極性に励磁されることが好ましい。
20

この構成によれば、磁石群の両側の磁束を有効に利用できるので、大きなトルクを発生させることができる。また、第1と第2のコイル群の同じ m 番目のサブコイル群同士が対向していて同じ極性に励磁されるので、第1のコイル群と磁石
25

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

4

群との間で発生する動作方向と垂直な方向の力と、第2のコイル群と磁石群との間で発生する同様の力とが互いに相殺する。この結果、動作方向と垂直な方向の正味の力が実質的にゼロになるので、このような力に起因する振動や騒音を防止することができる。

- 5 上記電動機は、さらに、前記M相のサブコイル群に供給するM個の交流駆動信号を供給するための駆動信号生成回路を備え、前記駆動信号生成回路は、各サブコイル群に属する各コイルの極性が前記磁石群内の磁石の中心と各コイルの中心とが対向するタイミングで切り替わるとともに、同一相のサブコイル群に属する隣り合うコイル同士の間中央位置が前記磁石群内の磁石の中心と対向するタイ
- 10 ミングにおいて当該コイル群における磁束密度が最も大きくなるように、前記M個の交流駆動信号を生成するようにしてもよい。

この構成によれば、駆動信号に同期して電動機を駆動することができる。

- 前記駆動信号生成回路は、各サブコイル群の電流方向を逆転させることによって、前記第1のコイル群と前記磁石群の動作方向を逆転させることが可能である
- 15 ことが好ましい。

また、前記駆動信号生成回路は、位相が $(K/M)\pi$ だけ相互にずれたM個のPWM信号をそれぞれ生成するPWM回路と、前記電動機出力要求に応じて前記M個のPWM信号をマスクすることによって前記M個の交流駆動信号を生成するマスク回路と、を備えるようにしてもよい。

- 20 この構成によれば、マスク回路によってPWM信号をマスクすることによって、電動機出力を調節することが可能である。

前記マスク回路は、各交流駆動信号の極性が反転するタイミングを中心とした対称な時間的範囲で各PWM信号をマスクするようにしてもよい。

- 一般に、各交流駆動信号の極性が反転するタイミング付近では、コイルがあまり有効な駆動力を発生せず、交流駆動信号のピーク付近で有効な駆動力を発生する
- 25 という傾向がある。従って、上記の構成によれば、コイルが有効な駆動力をあ

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

5

まり発生しない期間においてPWM信号をマスクするので、電動機の効率を向上させることが可能である。

なお、上記電動機は、さらに前記コイル群から電力を回生するための回生回路を備え、前記駆動信号生成回路と前記回生回路は、前記M相のサブコイル群のうちのすくなくとも1相のサブコイル群から駆動力を発生させつつ、他の少なくとも1相のサブコイル群から電力を回生する運転モードで前記電動機を運転することが可能であることが好ましい。

この構成によれば、必要に応じて、駆動力の発生と電力の回生とを同時に実行しつつ、電動機を動作させることができる。

10 なお、本発明は、種々の態様で実現することが可能であり、例えば、電動機、リニアモータや回転式モータなどの電動モータ、発電機、それらのアクチュエータやモータ、発電機の駆動方法および駆動装置等の態様で実現することができる。

図面の簡単な説明

15 図1(A)、1(B)は、本発明の比較例における電動モータの概略構成と交流駆動信号を示す説明図である。

図2(A)、2(B)は、コイルの結線方法の例を示す図である。

図3(A)～3(D)は、比較例の電動モータの動作を示す図である。

20 図4(A)、4(B)は、本発明の第1実施例における電動モータの概略構成と交流駆動信号を示す説明図である。

図5(A)～5(D)は、本発明の第1実施例の電動モータの動作とを示す図である。

図6(A)、6(B)は、磁石Mとコイルの平面配置の例を示す図である。

図7は、駆動回路ユニットの構成を示すブロック図である。

25 図8は、駆動制御部の構成を示すブロック図である。

図9は、ドライバ回路の構成を示すブロック図である。

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

6

図10は、第1実施例のモータの大トルク発生時の信号波形を示すタイミングチャートである。

図11は、第1実施例のモータの小トルク発生時の信号波形を示すタイミングチャートである。

5 図12は、回生制御部と相対減速用のドライバ回路の内部構成を示す図である。

図13(A)～13(D)は、2相モータの第1変形例の構成と動作を示す図である。

図14(A)～14(C)は、2相モータの他の変形例を示す図である。

図15(A)、15(B)は、2相モータのさらに他の変形例を示す図である。

10 図16は、駆動制御部の第1変形例を示すブロック図である。

図17は、駆動信号生成部が直接駆動モードで動作する場合の信号波形を示すタイミングチャートである。

図18は、駆動制御部の第2変形例を示すブロック図である。

15 図19は、駆動制御部の第2変形例の信号波形を示すタイミングチャートである。

図20は、ドライバ回路の変形例を示すブロック図である。

図21(A)、21(B)は、2相モータの機械的構成の一例を示す断面図である。

図22(A)、22(B)は、ステータとロータの構成を示す断面図である。

20 図23(A)、23(B)は、2相モータの機械的構成の他の例を示す断面図である。

図24(A)、24(B)は、2相モータの機械的構成のさらに他の例を示す断面図である。

25 図25(A)、25(B)は、2相モータの機械的構成のさらに他の例を示す断面図である。

図26(A)～26(C)は、本発明の第2実施例における3相モータの概略

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

7

構成を示す説明図である。

図 27 は、第 2 実施例における駆動制御部の構成を示すブロック図である。

図 28 は、第 2 実施例におけるドライバ回路の構成を示すブロック図である。

図 29 は、第 2 実施例のセンサ信号と各相のコイルの励磁方向を示すタイミング
5 グチャートである。

図 30 (A) ~ 30 (F) は、第 2 実施例の 6 つの期間 P1 ~ P6 における電
流方向を示す説明図である。

図 31 (A) ~ 31 (D) は、本発明の第 3 実施例における 4 相モータの概略
構成を示す説明図である。

10 図 32 は、第 3 実施例のセンサ信号と各相のコイルの励磁方向を示すタイミン
グチャートである。

図 33 (A), 33 (B) は、コイル形状と磁石形状の変形例を示す説明図であ
る。

発明を実施するための最良の形態

15 発明の実施の形態を以下の順序で説明する。

A. 比較例

B. 第 1 実施例 (2 相モータ)

C. 2 相モータ構造の変形例

D. 2 相モータの回路構成の変形例

20 E. 2 相モータの適用例

F. 第 2 実施例 (3 相モータ)

G. 第 3 実施例 (4 相モータ)

H. その他の変形例

25 A. 比較例

本発明の実施例を説明する前に、まず比較例を説明する。

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

8

図 1 (A) は、本発明の比較例における電動モータの概略構成を示す説明図である。この電動モータは、第 1 のコイル群構造 10A と、第 2 のコイル群構造 20B と、磁石群構造 30M とを有している。

第 1 のコイル群構造 10A は、支持部材 12A と、支持部材 12A に固定された A 相コイル群 14A とを有している。この A 相コイル群 14A は、逆方向に励磁される 2 種類のコイル 14A1, 14A2 が一定のピッチ P_c で交互に配置されたものである。なお、本明細書では、A 相コイル群の 2 種類のコイル 14A1, 14A2 をまとめて「A 相コイル群 14A」と呼ぶ。他のコイル群や磁石群についても同様である。

第 2 のコイル群構造 20B は、支持部材 22B と、支持部材 22B に固定された B 相コイル群 24B とを有している。この B 相コイル群 24B も、逆方向に励磁される 2 種類のコイル 24B1, 24B2 が一定のピッチ P_c で交互に配置されたものである。

磁石群構造 30M は、支持部材 32M と、支持部材 32M に固定された磁石群 34M とを有している。この磁石群 34M の永久磁石 34M1, 34M2 は、磁化方向が磁石群 34M の配列方向 (図 1 (A) の左右方向) とは垂直な方向に向くようにそれぞれ配置されている。磁石群 34M の磁石は、一定の磁極ピッチ P_m で配置されている。

なお、A 相コイル群 14A と B 相コイル群 24B は、電気角で互いに $\pi/2$ だけ異なる位置に配置されている。A 相コイル 14A と B 相コイル群 24B は、位置が異なるだけであり、他の点は実質的に同じ構成を有している。従って、以下では、コイル群に関する説明の際に特に必要な場合を除いて A 相コイル群についてのみ説明する。

図 1 (B) は、A 相コイル群 14A と B 相コイル群 24B に供給される交流駆動信号の波形の一例を示している。A 相コイル群 14A と B 相コイル群 24B には、二相交流信号がそれぞれ供給される。また、A 相コイル群 14A と B 相コイ

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

9

ル群 2 4 B の駆動信号の位相は $\pi/2$ だけ互いにずれている。図 1 (A) の状態は、位相ゼロ (又は 2π) の状態に相当する。

この比較例の電動モータは、さらに、A 相コイル群 1 4 A 用の位置センサ 1 6 A と、B 相コイル群 2 4 B 用の位置センサ 2 6 B とを有している。これらを以下
5 では「A 相センサ」、「B 相センサ」と呼ぶ。A 相センサ 1 6 A は A 相コイル群 1 4 A の 2 つのコイルの間の中央の位置に配置されており、B 相センサ 2 6 B は B 相コイル群 2 4 B の 2 つコイルの間の中央の位置に配置されている。これらのセンサ 1 6 A、2 6 B としては、図 1 (B) に示す交流駆動信号と同様な波形を有するアナログ出力を有するものを採用することが好ましく、例えばホール効果を利用したホール IC を採用することができる。但し、矩形波状のデジタル出力を有するセンサを採用することも可能である。また、位置センサを省略してセンサレス駆動を行うことも可能である。

図 2 (A)、2 (B) は、A 相コイル群 1 4 A の 2 種類のコイル 1 4 A 1、1 4 A 2 の結線方法を示す図である。図 2 (A) の結線方法では、A 相コイル群 1 4 A に含まれるすべてのコイルが、駆動制御部 1 0 0 に対して直列に接続されている。一方、図 2 (B) の結線方法では、一对のコイル 1 4 A 1、1 4 A 2 で構成される直列接続が、複数組並列に接続されている。このいずれの結線方法の場合
15 にも、2 種類のコイル 1 4 A 1、1 4 A 2 は、常に逆の極性に磁化される。なお、これら以外の他の結線方法を採用することも可能である。

図 3 (A) ~ 3 (D) は、比較例の電動モータの動作を示している。なお、この比較例では、コイル群 1 4 A、2 4 B がステータとして構成されており、磁石群 3 4 M がロータとして構成されている。従って、図 3 (A) ~ 3 (D) では、時間の経過とともに磁石群 3 4 M が移動している。

図 3 (A) は位相が 2π の直前のタイミングの状態を示している。なお、コイルと磁石との間に描かれた実線の矢印は吸引力の方向を示しており、破線の矢印
25 は反発力の方向を示している。この状態では、A 相コイル群 1 4 A は磁石群 3 4

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

10

Mに対して動作方向（図の右方向）の駆動力を与えておらず、磁石群 3 4 Mを A 相コイル群 1 4 Aに引きつける方向に磁力が働いている。従って、位相が 2π のタイミングでは、A相コイル群 1 4 Aへの印加電圧をゼロにすることが好ましい。一方、B相コイル群 2 4 Bは、磁石群 3 4 Mに動作方向の駆動力を与えている。

- 5 また、B相コイル群 2 4 Bは磁石群 3 4 Mに対して吸引力だけで無く反発力も与えているので、B相コイル群 2 4 Bから磁石群 3 4 Mに対する上下方向（磁石群 3 4 Mの動作方向と垂直な方向）の正味の力はゼロである。従って、位相が 2π のタイミングでは、B相コイル群 2 4 Bへの印加電圧をピーク値にすることが好ましい。

- 10 図 3（B）に示されているように、位相が 2π のタイミングでA相コイル群 1 4 Aの極性が反転する。図 3（B）は、位相が $\pi/4$ の状態であり、A相コイル群 1 4 Aの極性が図 3（A）から反転している。この状態では、A相コイル群 1 4 AとB相コイル群 2 4 Bが、磁石群 3 4 Mの動作方向に同じ駆動力を与えている。図 3（C）は、位相が $\pi/2$ 直前の状態である。この状態は、図 3（A）の
- 15 状態とは逆に、A相コイル群 1 4 Aのみが、磁石群 3 4 Mに動作方向の駆動力を与えている。位相が $\pi/2$ のタイミングではB相コイル群 2 4 Bの極性が反転し、図 3（D）に示す極性となる。図 3（D）は、位相が $3\pi/4$ の状態である。この状態では、A相コイル群 1 4 AとB相コイル群 2 4 Bが、磁石群 3 4 Mの動作方向に同じ駆動力を与えている。

- 20 図 3（A）～3（D）から理解できるように、A相コイル群 1 4 Aの極性は、A相コイル群 1 4 Aの各コイルが磁石群 3 4 Mの各磁石と対向するタイミングで切り換えられる。B相コイル群も同様である。この結果、すべてのコイルからほとんど常に駆動力を発生させ得るので、大きなトルクを発生することが可能である。

- 25 なお、位相が $\pi \sim 2\pi$ の期間は、図 3（A）～3（D）とほぼ同様なので詳しい説明を省略する。但し、A相コイル群 1 4 Aの極性は位相が π のタイミングで

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

11

再び反転し、B相コイル群24Bの極性は位相が $3\pi/2$ のタイミングで再び反転する。

上述の説明から理解できるように、比較例の電動モータは、コイル群14A、24Bと磁石群34Mとの間の吸引力と反発力を利用することによって、磁石群34Mに対する動作方向の駆動力を得ている。

ところで、この比較例の電動モータでは、以下のようないくつかの問題があることが見出された。

第1に、比較例の電動モータでは、動作方向と垂直な方向に力が発生し、この力によって振動や騒音が発生する可能性がある。すなわち、図3(A)、3(C)の状態では、A相コイル群14Aと磁石群34Mとの間に発生する垂直方向の力と、B相コイル群24Bと磁石群34Mとの間に発生する垂直方向の力の合計がゼロでなく、上向き又は下向きに正味の力が作用する。この結果、この上向き又は下向きの力によって、振動や騒音が発生する可能性がある。

第2に、比較例の構成においてA相コイル群14AとB相コイル群24Bのうち的一方を省略することも可能であるが、その場合には電動モータを始動できない中立位置が発生するという問題が生じる。例えば、B相コイル群24Bを省略した場合には、図3(A)の状態においてA相コイル群14Aと磁石群34Mとの間に動作方向(左右方向)の力が発生しない。従って、この位置(中立位置)で電動モータが停止している場合には有効な駆動力が発生しないので、電動モータを始動することができない。このように、比較例の構成では、電動モータを常に始動可能にするためには、磁石群34Mの両側に設けられた2つのコイル群14A、24Bを両方ともに必要とする。

以下で説明する実施例は、比較例におけるこれらの問題の少なくとも一部を解決するように構成したものである。

-WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

12

B. 第1実施例（2相モータ）

B-1. 第1実施例の概略構成

図4（A）は、本発明の第1実施例における電動モータの概略構成を示す説明図である。この電動モータは、第1のコイル群構造40ABと、第2のコイル群構造50ABと、磁石群構造30Mとを有している。

第1のコイル群構造40ABは、支持部材42と、A相サブコイル群14Aと、B相サブコイル群24Bとを有している。なお、図4（A）では、図示の便宜上、A相サブコイル群のコイルを実線で描き、B相サブコイル群のコイルを破線で描いている。

10 A相サブコイル群14Aは、逆方向に励磁される2種類のコイル14A1、14A2が一定のピッチで交互に配置されたものである。B相サブコイル群24Bも、同様に、逆方向に励磁される2種類のコイル24B1、24B2が一定のピッチで交互に配置されたものである。A相サブコイル群14AとB相サブコイル群24Bは、一定のサブコイル群間隔Dcで交互に配置されている。ここで、サブコイル群間隔Dcとは、コイルの中心間の距離を意味している。A相サブコイル群14Aの2種類のコイル14A1、14A2同士のピッチは、このサブコイル群間隔Dcの2倍である。B相サブコイル群24Bの2種類のコイル24B1、24B2同士のピッチも、サブコイル群間隔Dcの2倍である。

20 第2のコイル群構造50ABは、支持部材52と、A相サブコイル群14Aと、B相サブコイル群24Bとを有している。第1のコイル群構造40ABのA相サブコイル群14Aと第2のコイル群構造50ABのA相サブコイル群14Aとは、磁石群構造30Mを挟んだ対向する位置に配置されている。B相サブコイル群24Bも同様である。

25 磁石群構造30Mは、支持部材32Mと、支持部材32Mに固定された磁石群34Mとを有している。この磁石群34Mの永久磁石34M1、34M2は、磁化方向が磁石群34Mの配列方向（図4（A）の左右方向）とは垂直な方向に向

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

13

くようにそれぞれ配置されている。なお、支持部材 32M を省略して、複数の磁石 34M1, 34M2 のみで構成された一体構造の磁石群を作成することも可能である。このような磁石群としては、例えば、上面と下面のそれぞれにおいて凸部と凹部とが繰り返し現れる凹凸状の磁性体を用い、その凸部に磁極を形成した

5 一体構造の磁石群を利用してもよい。

磁石群 34M の磁石は、一定の磁極ピッチ P_m で配置されている。本明細書では、磁極ピッチ P_m は電気角で π に相当する距離を意味する。なお、電気角の 2π は、モータの駆動信号の位相が 2π だけ変化したときに移動する機械的な角度又は距離に対応づけられる。図 4 (A) のように N 極と S 極が交互に配置されて

10 いる場合には、磁極ピッチ P_m は磁石のピッチに等しい。一方、後述するように、N 極のみ又は S 極のみが配置されている場合には、磁極ピッチ P_m は磁石のピッチの $1/2$ になる。図 4 (A) の例では、磁極ピッチ P_m とサブコイル群間隔 D_c には、 $D_c = 3P_m/2$ の関係がある。電動モータでは一般に、コイルの駆動信号の位相が 2π だけ変化する

15 すると、磁極ピッチ P_m の 2 倍に相当する距離だけ移動する。従って、第 1 実施例の電動モータでは、コイルの駆動信号の位相が 2π だけ変化する

と、磁石群構造 30M が $2P_m = 4D_c/3$ だけ移動する。

一般には、 $D_c = P_m (K/M)$ の関係が成立することが好ましい。ここで、 M は 2 以上の整数であり、電動モータの相数を意味している。 M が 3 と 4 の実施例は後述する。 K は、 M の整数倍を除く 1 以上の整数である。 K が M の整数倍である場合を除外している理由は、この場合に電動モータが始動できない中立位置が発生するからである。例えば、仮に図 4 (A) において $D_c = P_m$ になるようにサブコイル群間隔 D_c を小さくすると、各コイルと磁石とが完全に向き合っ

20 てしまい、動作方向 (左右方向) への駆動力が発生しないので、この位置から始動できなくなる。

25 さらに、整数 K と M は 1 以外の公倍数を有していないことが好ましい。この理由は、仮に、 K と M が 1 以外の公倍数 N を有している場合には、電動モータの実

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

14

質的な相数が M/N になると考え得るからである。例えば、 $K=6$ 、 $M=4$ の場合には4相の電動モータとして構成されるが、これは実質的には $K=3$ 、 $M=2$ である2相の電動モータと実質的に同じであると考え得る。

また、電動モータの相数 M としては、2～5程度が好ましく、特に2～3が好ましい。この理由は、相数 M が多いと、 M 組のサブコイル群を駆動するための駆動信号を生成する回路が大規模になるからである。

図4（B）は、第1実施例においてA相コイル群14AとB相コイル群24Bに供給される交流駆動信号の波形の一例を示している。A相コイル群14AとB相コイル群24Bの駆動信号の位相は $3\pi/2$ だけ互いにずれている。この位相差は、サブコイル群間隔 $D_c = 3P_m/2$ に対応している。一般に、サブコイル群同士の位相差は、サブコイル群間隔 D_c に相当する値 $\pi(K/M)$ となる。

図4（A）に示されるように、この電動モータにはA相センサ16Aと第2のコイル群構造50ABにはB相センサ26Bが設けられている。この例ではA相センサ16Aは第1のコイル構造40ABに設けられており、B相センサ26Bは第2のコイル構造50ABに設けられているが、2つのセンサ16A、26Bは2つの支持部材42、52のいずれに設けられていてもよい。A相センサ16Aは、A相サブコイル群14Aの各コイルが磁石34M1、34M2と対向する位置にある状態（図4（A））において、A相センサ16Aが磁石のN極とS極の間の中央の位置に来るように配置されている。一方、B相センサ26Bは、磁石群構造30Mが移動してB相サブコイル群24Bの各コイルが磁石34M1、34M2と対向する位置にきた状態において、B相センサ26Bが磁石のN極とS極の間の中央の位置に来るように配置されている。これらのセンサ16A、26Bとしては、図4（B）に示す交流駆動信号と同様な波形を有するアナログ出力を有するものを採用することができ、また、矩形波状のデジタル出力を有するセンサを採用することも可能である。また、位置センサを省略してセンサレス駆動を行うことも可能である。

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

15

各サブコイル群 1 4 A, 2 4 B のコイルの結線方法は、前述した図 2 (A), 2 (B) に示したものと同一ものを採用することができる。

- 支持部材 3 2 M, 4 2, 5 2 は、非磁性体材料でそれぞれ形成されていることが好ましい。また、本実施例の電動モータの各種の部材のうちで、コイルやセン
- 5 サを含む電気配線と、磁石と、回転軸と、その軸受け部以外の部材は、すべて非磁性で非導電性の材料で形成されていることが好ましい。より具体的に言えば、ロータ材やボビン材（コア材）やケース材として、非磁性で非導電性の各種の材料を利用することが可能である。但し、ロータ材（磁石群の支持部材 3 2 M）としては、強度を考慮してアルミニウムやその合金などの金属材料を用いる場合も
- 10 ある。この場合にも、ボビン材やケース材は、実質的に非磁性で非導電性の材料で形成されていることが好ましい。ここで、「実質的に非磁性で非導電性の材料」とは、わずかな部分が磁性体または導電体であることが許容されることを意味している。例えば、ボビン材が実質的に非磁性で非導電性の材料で形成されているか否かは、モータにコギングが存在するか否かによって判定することができる。
- 15 また、ケース材が実質的に非導電性の材料で形成されているか否かは、ケース材による鉄損（渦電流損）が所定の値（例えば入力 1 %）以下か否かによって判定することができる。

- なお、電動モータの構造材の中には、回転軸と軸受け部のように、金属材料で作成することが好ましい部材も存在する。ここで、「構造材」とは、電動モータの
- 20 形状を支えるために使用される部材を意味しており、小さな部品や固定具などを含まない主要な部材を意味している。ロータ材やケース材も構造材の一種である。本発明の電動モータでは、回転軸と軸受け部以外の主要な構造材は、非磁性で非導電性の材料で形成することが好ましい。

図 5 (A) ~ 5 (D) には、第 1 実施例の電動モータの動作が示されている。

- 25 なお、第 1 実施例では、コイル群構造 4 0 A B, 5 0 A B がステータとして構成されており、磁石群構造 3 0 M がロータとして構成されている。従って、図 5 (A)

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

16

～5 (D) では、時間の経過とともに磁石群構造 30M が移動している。

図 5 (A) は、位相が 2π の直前のタイミングの状態を示している。なお、コイルと磁石との間に描かれた実線の矢印は吸引力の方向を示しており、破線の矢印は反発力の方向を示している。この状態では、A 相サブコイル群 14A から磁石群 34M に対する正味の力 (力の合計) はゼロである。従って、位相が 2π のタイミングでは、A 相サブコイル群 14A への印加電圧をゼロにすることが好ましい。一方、B 相サブコイル群 24B は、磁石群 34M に動作方向の駆動力を与えている。また、B 相サブコイル群 24B から磁石群 34M に対する上下方向 (磁石群 34M の動作方向と垂直な方向) の正味の力はゼロである。従って、位相が 2π のタイミングでは、B 相サブコイル群 24B への印加電圧をピーク値にすることが好ましい。

前述した図 4 (B) に示されているように、位相が 2π のタイミングで A 相サブコイル群 14A の極性が反転する。図 5 (B) は、位相が $\pi/4$ の状態であり、A 相サブコイル群 14A の極性が図 5 (A) から反転している。この状態では、A 相サブコイル群 14A と B 相サブコイル群 24B が、磁石群 34M の動作方向に同じ駆動力を与えている。図 5 (C) は、位相が $\pi/2$ 直前の状態である。この状態は、図 5 (A) の状態とは逆に、A 相サブコイル群 14A のみが、磁石群 34M に動作方向の駆動力を与えている。位相が $\pi/2$ のタイミングでは B 相サブコイル群 24B の極性が反転し、図 5 (D) に示す極性となる。図 5 (D) は、位相が $3\pi/4$ の状態である。この状態では、A 相サブコイル群 14A と B 相サブコイル群 24B が、磁石群 34M の動作方向に同じ駆動力を与えている。

図 5 (A) ～5 (D) から理解できるように、A 相サブコイル群 14A の極性は、A 相サブコイル群 14A の各コイルが磁石群 34M の各磁石と対向するタイミングで切り換えられる。B 相サブコイル群も同様である。この結果、すべてのコイルからほとんど常に駆動力を発生させ得るので、大きなトルクを発生することが可能である。

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

17

なお、位相が $\pi \sim 2\pi$ の期間は、図5（A）～5（D）とほぼ同様なので詳しい説明を省略する。但し、A相サブコイル群14Aの極性は位相が π のタイミングで再び反転し、B相サブコイル群24Bの極性は位相が $3\pi/2$ のタイミングで再び反転する。

- 5 上述の説明から理解できるように、第1実施例の電動モータは、サブコイル群14A、24Bと磁石群34Mとの間の吸引力と反発力を利用することによって、磁石群34Mに対する動作方向の駆動力を得ている。

- 図6（A）は、磁石34M1、34M2とコイル14A1、14A2、24B1、24B2の平面配置の一例を示している。この例では、各コイルの外周の幅が、磁石の外周の幅とほぼ一致している。但し、磁石の寸法を、コイルよりも小さくすることが可能であり、逆にコイルよりも大きくすることも可能である。図6（B）は、磁石とコイルの平面配置の他の例を示している。この例では、図6（A）の例よりもコイルの縦幅（図中の上下方向の寸法）が大きく設定されている。図6（A）の例では、全体の寸法をやや小さくできるという利点がある。一方、図6（B）の例では、コイルに対して移動方向以外の方向に掛かる無用な力が小さくなるという利点がある。すなわち、例えばコイル14A1の中で、磁石34M1の外にあるコイル部分14hには移動方向の力が掛かず、移動方向と垂直な方向に力が掛かる。これはフレミングの左手の法則から理解することができる。従って、図6（B）のように、コイル部分14hを磁石34M1の直上又は直下をはずれた位置に配置すれば、このコイル部分14hにおける磁束密度が小さくなるので、このような無駄な力を小さくすることができる。
- 10
15
20

B-2. 第1実施例の回路構成

- 図7は、第1実施例における駆動回路ユニットの内部構成を示すブロック図である。この駆動回路ユニット500は、CPU110と、駆動制御部100と、回生制御部200と、ドライバ回路150と、整流回路250とを備えている。
- 25

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

18

2つの制御部100、200は、バス102を介してCPU110と接続されている。駆動制御部100とドライバ回路150は、電動モータに駆動力を発生させる場合の制御を行う回路である。また、回生制御部200と整流回路250は、電動モータから電力を回生する場合の制御を行う回路である。回生制御部200
5 と整流回路250とをまとめて「回生回路」とも呼ぶ。また、駆動制御部100を「駆動信号生成回路」とも呼ぶ。

図8は、駆動制御部100の構成を示している。この回路100は、バス102に接続された動作モード信号生成部104と、電子可変抵抗器106と、CPU110とを有している。動作モード信号生成部104は、動作モード信号S
10 modeを生成する。動作モード信号Smodeは、正転と逆転のいずれであるかを示す第1ビットと、AB相の両方を使用する動作モードとA相のみを使用する動作モードのいずれであるかを示す第2ビットとを含んでいる。なお、モータの始動時には、確実に回転方向を決定するためにA相とB相の2つのサブコイル群が使用される。但し、モータが動作を開始した後は、要求トルクが少ない運転状態では、A相サブコイル群とB相サブコイル群の一方だけを使用しても十分に回転を
15 継続することができる。動作モード信号Smodeの第2ビットは、このような場合にA相サブコイル群のみを駆動することを指示するためのフラグである。

電子可変抵抗器106の両端の電圧は、4つの電圧比較器111～114の一方の入力端子に与えられている。電圧比較器111～114の他方の入力端子には、A相センサ信号SSAとB相センサ信号SSBが供給されている。4つの電
20 圧比較器111～114の出力信号TPA、BTA、TPB、BTBを「マスク信号」または「許可信号」と呼ぶ。これらの名前の意味については後述する。

マスク信号TPA、BTA、TPB、BTBは、マルチプレクサ120に入力されている。マルチプレクサ120は、動作モード信号Smodeに応じてA相用のマスク信号TPA、BTAの出力端子を切り換え、また、B相用のマスク信号TPB、BTBの出力端子を切り換えることによってモータを逆転させることが
25

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

19

できる。マルチプレクサ120から出力されたマスク信号TPA, BTA, TPB, BTBは、2段PWM回路130に供給される。

2段PWM回路130は、A相PWM回路132と、B相PWM回路134と、4つの3ステートバッファ回路141~144とを有している。A相PWM回路132には、A相センサ16A(図4(A))の出力信号SSA(以下、「A相センサ信号」と呼ぶ)と動作モード信号Smodeとが供給されている。B相PWM回路134には、B相センサ26Bの出力信号SSBと動作モード信号Smodeとが供給されている。これらの2つのPWM回路132, 134は、センサ信号SSA, SSBに応じてPWM信号PWMA, #PWMA, PWMB, #PWM

5 132には、A相センサ16A(図4(A))の出力信号SSA(以下、「A相センサ信号」と呼ぶ)と動作モード信号Smodeとが供給されている。B相PWM回路134には、B相センサ26Bの出力信号SSBと動作モード信号Smodeとが供給されている。これらの2つのPWM回路132, 134は、センサ信号SSA, SSBに応じてPWM信号PWMA, #PWMA, PWMB, #PWM

10 Mを発生する回路である。なお、信号#PMWA, #PMWBは、信号PMWA, PMWBを反転した信号である。前述したように、センサ信号SSA, SSBはいずれも正弦波信号であり、PWM回路132, 134はこれらの正弦波信号に応じて周知のPWM動作を実行する。

A相PWM回路132で生成された信号PWMA, #PWMAは、2つの3ステートバッファ回路141, 142の2つの入力端子にそれぞれ供給される。これらの3ステートバッファ回路141, 142の制御端子には、マルチプレクサ120から与えられたA相マスク信号TPA, BTAが供給されている。3ステートバッファ回路141, 142の出力信号DRVA1, DRVA2は、A相サブコイル群用の駆動信号である(以下「A1駆動信号」及び「A2駆動信号」と呼ぶ)。B相に関しても同様に、PWM回路134と3ステートバッファ回路143, 144によってB相サブコイル群用の駆動信号DRVB1, DRVB2が生成される。

15 テートバッファ回路141, 142の2つの入力端子にそれぞれ供給される。これらの3ステートバッファ回路141, 142の制御端子には、マルチプレクサ120から与えられたA相マスク信号TPA, BTAが供給されている。3ステートバッファ回路141, 142の出力信号DRVA1, DRVA2は、A相サブコイル群用の駆動信号である(以下「A1駆動信号」及び「A2駆動信号」と呼ぶ)。B相に関しても同様に、PWM回路134と3ステートバッファ回路143, 144によってB相サブコイル群用の駆動信号DRVB1, DRVB2が生成される。

20 呼ぶ)。B相に関しても同様に、PWM回路134と3ステートバッファ回路143, 144によってB相サブコイル群用の駆動信号DRVB1, DRVB2が生成される。

図9は、ドライバ回路150(図7)に含まれるA相ドライバ回路120AとB相ドライバ回路130Bの構成を示している。A相ドライバ回路120Aは、A相サブコイル群14Aに、交流駆動信号DRVA1, DRVA2を供給するためのH型ブリッジ回路である。なお、駆動信号を示すブロックの端子部分に付さ

25 A相サブコイル群14Aに、交流駆動信号DRVA1, DRVA2を供給するためのH型ブリッジ回路である。なお、駆動信号を示すブロックの端子部分に付さ

-WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

20

れている白丸は、負論理であり信号が反転していることを示している。また、符号 1 A 1, 1 A 2 が付された矢印は、A 1 駆動信号 DRVA 1 と A 2 駆動信号 DRVA 2 によって流れる電流方向をそれぞれ示している。B 相ドライバ回路 1 3 0 B の構成も A 相ドライバ回路 1 2 A の構成と同じである。

- 5 図 1 0 は、第 1 実施例における各種の信号波形を示すタイミングチャートである。A 相センサ信号 SSA と B 相センサ信号 SSB は、位相が $3\pi/2$ ずれた正弦波である。A 相 PWM 回路 1 3 2 は、A 相センサ信号 SSA のレベルに比例した平均電圧を有する信号 PWMA (図 1 0 の上から 7 番目の信号) を生成する。第 1 の A 相マスク信号 TPA は、この信号 TPA が H レベルの期間では信号 PWMA を A 相サブコイル群 1 4 A に印加することを許可し、L レベルの期間ではこれを禁止する。同様に、第 2 の A 相マスク信号 BTA も、この信号 BTA が H レベルの期間で信号 PWMA を A 相サブコイル群 1 4 A に印加することを許可し、L レベルの期間ではこれを禁止する。但し、第 1 の A 相マスク信号 TPA は、PWM 信号 PWMA がプラス側にあるときに H レベルとなり、第 2 の A 相マスク信号 BTA は PWM 信号 PWMA がマイナス側にあるときに H レベルとなる。この結果、A 相サブコイル群 1 4 A には、図 1 0 の下から 2 番目に示すような駆動信号 DRVA 1 + DRVA 2 が印加される。この説明から理解できるように、A 相マスク信号 TPA, BTB は、PWM 信号 PWMA を、A 相サブコイル群 1 4 A に印加することを許可する信号と考えることができ、また、PWM 信号 PWMA をマスクして A 相サブコイル群 1 4 A に供給しないようにする信号と考えることも可能である。B 相についても同様である。

- 20 なお、図 1 0 は、大トルクを発生する際の運転状態を示している。このとき、マスク信号 TPA, BTA の両方が L レベルである期間は小さく、従って、ほとんどの時間において A 相サブコイル群 1 4 A に電圧が印加されている。なお、A 相センサ信号 SSA の波形の右端には、このときのヒステリシスレベルが示されている。ここで、「ヒステリシスレベル」とは、正弦波信号のゼロレベル付近の無

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

21

効な（すなわち使用されていない）信号レベルの範囲を意味している。大トルク発生時には、ヒステリシスレベルは極めて小さいことが分かる。なお、ヒステリシスレベルは、電子可変抵抗器 106 の抵抗を変化させて、マスク信号 TPA、BTA、TPB、BTB のデューティを変化させることによって変更することができる。

図 11 は、小さなトルクを発生する際の運転状態を示している。なお、小トルクは高回転であることを意味している。このとき、マスク信号 TPA、BTA、TPB、BTB のデューティは図 8 に比べて小さく設定されており、これに応じて各コイルの駆動信号 (DRVA1+DRVA2)、(DRVB1+DRVB2) のパルス数も減少している。また、ヒステリシスレベルも大きくなっている。

なお、図 10 と図 11 を比較すれば理解できるように、第 1 の A 相マスク信号 TPA の H レベルの期間は、A 相センサ信号 SSA が極大値を示すタイミング（位相の $\pi/2$ の時点）を中心にした対称な形状を有している。同様に、第 2 の A 相マスク信号 BTA の H レベルの期間は、A 相センサ信号 SSA が極小値を示すタイミング（位相の $3\pi/2$ の時点）を中心にした対称な形状を有している。このように、これらのマスク信号 TPA、BTA が H レベルである期間は、A 相センサ信号 SSA がピーク値を示すタイミングを中心とした対称な形状を有している。換言すれば、PWM 信号 PWMA のマスク期間は、この信号 PWMA によって模擬される交流駆動信号（図 4 (B) に示す波形）の極性が反転するタイミング（ π 及び 2π ）を中心とした時間の範囲において信号 PWMA がマスクされるように設定されていると考えることも可能である。

ところで、図 4 (A) で説明したように、A 相サブコイル群 14 A は、位相が 2π 近傍ではあまり有効な駆動力を発生しない。位相が π 近傍のときも同様である。また、A 相サブコイル群 14 A は、位相が $\pi/2$ および $3\pi/2$ の近傍では最も効率良く有効な駆動力を発生させる。上述した図 11 に示されているように、本実施例の 2 段 PWM 回路 130 は、モータの要求出力が小さいときには位相が

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

22

π 及び 2π の近傍で A 相サブコイル群 1 4 A に電圧を印加しない。また、図 1 0、
図 1 1 に示されているように、位相が $\pi/2$ および $3\pi/2$ の近傍を中心として
A 相サブコイル群 1 4 A に電圧を印加している。このように、A 相マスク信号 T
P A、B T A は、A 相サブコイル群 1 4 A が最も効率良く駆動力を発生させる期
5 間を優先的に使用するように PWM 信号 PWMA をマスクしているので、モータ
の効率を高めることが可能である。これらの事情は、B 相サブコイル群 2 4 B に
関しても同じである。図 4 (B) に示されているように、B 相サブコイル群 2 4
B は位相が $\pi/2$ と $3\pi/2$ のタイミングで極性が反転するので、B 相サブコイ
ル群 2 4 B には位相が $\pi/2$ 及び $3\pi/2$ の近傍で電圧を印加しないようにする
10 ことが好ましい。

図 1 2 は、回生制御部 2 0 0 と整流回路 2 5 0 の内部構成を示す図である。回
生制御部 2 0 0 は、バス 1 0 2 に接続された A 相充電切換部 2 0 2 と、B 相充電
切換部 2 0 4 と、電子可変抵抗器 2 0 6 とを有している。2 つの充電切換部 2 0
2、2 0 4 の出力信号は、2 つの AND 回路 2 1 1、2 1 2 の入力端子に与えら
15 れている。

A 相充電切換部 2 0 2 は、A 相サブコイル群 1 4 A からの回生電力を回収する
場合には「1」レベルの信号を出力し、回収しない場合には「0」レベルの信号
を出力する。B 相充電切換部 2 0 4 も同様である。なお、これらの信号レベルの
切換えは、CPU 1 1 0 によって行われる。また、A 相サブコイル群 1 4 A から
20 の回生の有無と、B 相サブコイル群 2 4 B からの回生の有無とは、独立に設定す
ることができる。従って、例えば A 相サブコイル群 1 4 A を用いてアクチュエー
タに駆動力を発生させつつ、B 相サブコイル群 2 4 B から電力を回生することも
可能である。

なお、駆動制御部 1 0 0 も、同様に、A 相サブコイル群 1 4 A を用いて駆動力
25 を発生するか否かと、B 相サブコイル群 2 4 B を用いて駆動力を発生するか否か
とを、独立に設定できるように構成してもよい。例えば、図 8 の動作モード信号

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

23

生成部 104 から、A 相サブコイル群 14A の駆動の有無を示す信号と、B 相サブコイル群 24B の駆動の有無を示す信号とを出力できるように動作モード信号生成部 104 を構成すれば良い。このようにすれば、2 つサブコイル群 14A、24B のうちの任意の一方で駆動力を発生させつつ、他方で電力を回生する運転
5 モードで電動モータを運転することが可能である。

電子可変抵抗器 206 の両端の電圧は、4 つの電圧比較器 221 ~ 224 の 2 つの入力端子の一方に与えられている。電圧比較器 221 ~ 224 の他方の入力端子には、A 相センサ信号 SSA と B 相センサ信号 SSB が供給されている。4 つの電圧比較器 221 ~ 224 の出力信号 TPA, BTA, TPB, BTB は、
10 「マスク信号」または「許可信号」と呼ぶことができる。

A 相コイル用のマスク信号 TPA, BTA は OR 回路 231 に入力されており、B 相用のマスク信号 TPB, BTB は他の OR 回路 232 に入力されている。これらの OR 回路 231, 232 の出力は、上述した 2 つの AND 回路 211, 212 の入力端子に与えられている。これらの AND 回路 211, 212 の出力
15 信号 MSKA, MSKB も、「マスク信号」または「許可信号」と呼ぶ。

ところで、電子可変抵抗器 206 と 4 つの電圧比較器 221 ~ 224 の構成は、図 8 に示した駆動制御部 100 の電子可変抵抗器 106 と 4 つの電圧比較器 111 ~ 114 の構成と同じである。従って、A 相コイル用の OR 回路 231 の出力信号は、図 10 に示したマスク信号 TPA, BTA の論理和を取ったものに相当する。また、A 相充電切換部 202 の出力信号が「1」レベルの場合には、A 相コイル用の AND 回路 211 から出力されるマスク信号 MSKA は OR 回路 231 の出力信号と同じものとなる。これらの動作は B 相についても同様である。

整流回路 250 は、A 相コイル用の回路として、複数のダイオードを含む全波整流回路 252 と、2 つのゲートトランジスタ 261, 262 と、バッファ回路
25 271 と、インバータ回路 272 (NOT 回路) とを有している。なお、B 相用にも同じ回路が設けられている。ゲートトランジスタ 261, 262 は、回生用

-WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

24

の電源配線 280 に接続されている。

電力回生時に A 相サブコイル群 14A で発生した交流電力は、全波整流回路 252 で整流される。ゲートトランジスタ 261、262 のゲートには、A 相コイル用のマスク信号 MSKA とその反転信号が与えられており、これに応じてゲートトランジスタ 261、262 がオン/オフ制御される。従って、電圧比較器 221、222 から出力されたマスク信号 TPA、BTA の少なくとも一方が H レベルの期間では回生電力が電源配線 280 に出力され、一方、マスク信号 TPA、BTA の双方が L レベルの期間では電力の回生が禁止される。

以上の説明から理解できるように、回生制御部 200 と整流回路 250 を用いて、回生電力を回収することが可能である。また、回生制御部 200 と整流回路 250 は、A 相コイル用のマスク信号 MSKA 及び B 相コイル用のマスク信号 MSKB に応じて、A 相サブコイル群 14A と B 相サブコイル群 24B からの回生電力を回収する期間を制限し、これによって回生電力の量を調整することが可能である。但し、回生制御部 200 と整流回路 250 を省略してもよい。

15

以上のように、第 1 実施例の電動モータでは、磁性体製のコアを全く設けていないので、コギングが発生せず、なめらかで安定した動作を実現することができる。また、磁気回路を構成するためのヨークが設けられていないので、いわゆる鉄損（渦電流損）が極めて少なく、効率の良いモータを実現することができる。

さらに、第 1 実施例では、磁石群 34M を挟んだ両側に 2 つのコイル群 40AB、50AB が配置されているので、磁石群 34M の両側の磁束を駆動力の発生に利用することができる。従って、従来の電動モータのように、磁石群の片側のみを駆動力の発生に利用する場合に比べて磁束の利用効率が高く、効率が良くトルクの大きな電動モータを実現することができる。

また、第 1 実施例では、2 つのコイル群 40AB、50AB に同じサブコイル群 14A、24B をそれぞれ設け、サブコイル群 14A、24B 同士のサブコイ

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

25

ル群間隔 D_c を磁極ピッチ P_m の $3/2$ 倍に設定したので、有効な駆動力が発生しない中立位置が存在せず、常に所望の動作方向（順方向または逆方向）に電動モータを始動することが可能である。

5 C. 2相モータ構造の変形例

図13(A)～13(D)は、2相モータの第1変形例の動作を示している。

図13(A)に示すように、第1のコイル群構造40ABには、コイル14A1、24B1、14A2、24B2がこの順番で繰り返し配置されており、この点では図4(A)に示した第1実施例と同じである。但し、第1変形例では、サブコイル群間隔 D_c が磁極ピッチ $P_m (= \pi)$ の $1/2$ であり、第1実施例のサブコイル群間隔の $1/3$ の値になっている。サブコイル群間隔 D_c と磁極ピッチ P_m との関係式 $D_c = P_m (K/M)$ において、第1変形例は $K=1$ 、 $M=2$ の場合に相当する。第2のコイル群構造50ABも第1のコイル群構造40ABと同じ構成を有している。

図13(A)～13(D)の動作は、図5(A)～5(D)の動作と基本的には同一なので詳細な説明は省略する。この第1変形例の2相モータも、第1実施例と同様な効果を達成することが可能である。

図14(A)は、2相モータの第2変形例を示している。第2変形例は、第1実施例（図4(A)）の構成から磁石34M2を省略したものであり、他の点は第1実施例と同じである。すなわち、第2変形例における磁石群構造30M1は、同一方向の極性を有する複数の磁石34M1のみで構成されている。この場合には、磁石34M1同士のピッチは電気角で 2π に相当するので、磁極ピッチ P_m は磁石同士のピッチの $1/2$ になる。この例からも理解できるように、磁極ピッチ P_m は、磁石のピッチではなく、N極とS極のピッチに相当する値である。この第2変形例の動作も第1実施例の動作と基本的に同一である。

図14(B)は、2相モータの第3変形例を示している。第1のコイル群構造

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

26

40ABには、1つのA相コイル14A1と1つのB相コイル24B1のみが配置されている。第2のコイル群構造50ABも同様である。この第2変形例では、磁石群構造30Mがステータとして機能し、2つのコイル群構造40AB、50ABがスライダとして機能するリニアモータとして構成されている。サブコイル群間隔Dcは磁極ピッチPm($=\pi$)の3/2であり、第1実施例と同じである。この第3変形例のリニアモータも、第1実施例と同様な効果を達成することが可能である。

図14(C)は、2相モータの第4変形例を示している。第4変形例は、第3変形例のサブコイル群間隔Dcを磁極ピッチPm($=\pi$)の7/2に変更したものであり、他の点は第3変形例と同じである。

第3、第4変形例から理解できるように、A相コイル群とB相コイル群とは、それぞれ1つ以上のコイルを含むように構成することができる。また、磁石群も1つ以上の磁石を含むように構成することができる。但し、回転式モータでは、A相サブコイル群とB相サブコイル群はそれぞれ複数のコイルを含み、また、磁石群は複数の磁石を含むことが好ましい。また、回転式モータでは、第1のコイル群40ABの複数のコイルは、回転方向に沿って一定のピッチで等間隔に配置されていることが好ましい。第2のコイル群50ABも同様である。また、磁石群34Mの複数の磁石も、回転方向に沿って一定のピッチで等間隔に配置されていることが好ましい。

図15(A)は、2相モータの第5変形例を示している。この第5変形例は、第1実施例から第2のコイル群構造50ABを省略したものであり、他の構成は第1実施例と同じである。第5変形例は、1つのコイル群構造40ABが磁石群構造30Mの片側に設けられた片面配置構造を有している。この点は、第1実施例や上述した各種の変形例が、両面配置構造(磁石群の両側にコイル群がそれぞれ設けられている構造)を採用していた点との大きな差異である。また、図15(A)に示すように、片面配置構造では、磁石群構造30Mの裏側(コイル群と

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

27

は反対側)に、磁性体で構成されたヨーク材36を設けるようにしてもよい。このようなヨーク材36を設けることによって、磁石群構造30Mのコイル群構造40ABと面した側における磁束密度を高めることができる。なお、両面配置構造ではこのようなヨーク材は不要である。

- 5 図15(B)は、2相モータの第6変形例を示している。この第6変形例は、第5変形例のサブコイル群間隔 D_c を磁極ピッチ $P_m (= \pi)$ の $9/2$ に変更したものであり、他の点は第5変形例と同じである。

- これらの多数の変形例からも理解できるように、関係式 $D_c = P_m (K/M)$ における K の値としては、相数 M の整数倍以外の種々の値を採用することが可能
10 である。前述したように、 K が M の整数倍である場合を除外している理由は、この場合に電動モータが始動できない中立位置が発生するからである。

D. 2相モータの回路構成の変形例

- 図16は、駆動制御部100(図8)の第1変形例を示すブロック図である。
15 この駆動制御部100aは、動作モード信号生成部104aと、駆動信号生成部160と、2つのEXOR回路161、162とを備えている。動作モード信号生成部104aは、ユーザの指示に応じて、駆動信号切替信号S1と回転方向信号S2とを出力する。駆動切替信号S1は、直接駆動モード(後述する)と、PWM駆動モードとを切り換えるための信号である。回転方向信号S2は、正転と
20 逆転を切り換える信号である。回転方向信号S2は、A相センサ信号SSAとともに第1のEXOR回路161に入力され、また、B相センサ信号SSBとともに第2のEXOR回路162に入力される。なお、ここではA相センサとB相センサがデジタル出力を有するものとしている。駆動信号生成部160は、EXOR回路161、162の出力を利用してA相駆動信号DRVA1、DRVA2と、
25 B相駆動信号DRVB1、DRVB2とを生成する。

図17は、駆動信号生成部160が直接駆動モードで動作する場合の信号波形

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

28

を示している。A相駆動信号DRVA1、DRVA2はA相センサ信号SSAを増幅したものに相当し、B相駆動信号DRVB1、DRVB2はB相センサ信号SBを増幅したものに相当する。この例から理解できるように、直接駆動モードでは、センサ信号の波形をそのまま利用して駆動信号を生成する。

- 5 PWM駆動モードは、前述した図10及び図11と同様な駆動信号を生成するモードである。PWM駆動モードを実行するための回路構成は、図8に示したものとほぼ同じなので詳細な説明は省略する。

図18は、駆動制御部の第2変形例を示すブロック図である。この駆動制御部100bは、動作モード信号生成部104bと、電子可変抵抗器106と、4つ
10 の電圧比較器111～114と、マルチプレクサ120とを備えている。動作モード信号生成部104bは、ユーザの指示に応じて回転方向信号S2を出力する。電子可変抵抗器106と、4つの電圧比較器111～114と、マルチプレクサ120は、図8に示したこれらの回路と同じであり、これらの回路によって駆動信号生成部を構成している。

- 15 図19は、図18に示す駆動制御部100bの信号波形を示すタイミングチャートである。この駆動制御部100bの動作は、正弦波を模擬したPWM信号を用いていない点で図10及び図11に示したものと異なるが、他の点は図10及び図11とほぼ同じである。また、図19においても、駆動信号DRVA1、DRVA2、DRVB1、DRVB2のデューティは、ヒステリシスレベルに応じて変更することが可能である。
20

図20は、図9に示したドライバ回路150の変形例を示すブロック図である。このドライバ回路150aは、図9の2つのH型ブリッジ回路120A、130Bの右側の2つのトランジスタをA相とB相で共用することによって、回路構成を簡略化したものである。共用化された2つのトランジスタ155、156は、
25 図20では図の下側に描かれている。これらの2つのトランジスタ155、156のゲートには、NOR回路151とOR回路152の出力がそれぞれ入力され

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

29

ている。NOR回路151の入力端子には、駆動信号DRVA2, DRV B2が供給されている。OR回路152の入力端子には、駆動信号DRVA1, DRV B1が供給されている。この回路構成は、図9に示した2つのブリッジ回路120A, 130Bを合体したものに相当することが理解できる。なお、2つのトランジスタ155, 156には過電流防止回路153, 154がそれぞれ設けられているが、これらは省略可能である。

図16～図20に示したように、回路構成としては種々の構成を採用することが可能である。また、これら以外の回路構成を採用してもよい。

10 E. 2相モータの適用例

図21(A), 21(B)は、本発明の実施例としての2相モータの機械的構成の一例を示す断面図である。この2相モータは、略円筒状のロータ30M(磁石群構造)が、略円筒状の二重構造のステータ40AB, 50AB(コイル群構造)の間に挿入されたインサートロータ構造を有している。すなわち、2つのコイル群構造40AB, 50ABは、中空の二重円筒構造を構成する2つの円筒部材を構成しており、磁石群構造30Mはコイル群構造40AB, 50ABの間に挿入された他の円筒部材として構成されている。このように、3つの中空円筒部材を同軸状に重ねた構造を、以下、「中空多重円筒構造」とも呼ぶ。

図22(A), 22(B)は、ロータとステータとを分離して示している。図22(A)に示すステータは、2つのコイル群構造40AB, 50ABを有している。外側にあるコイル群構造40ABの支持部材42は、中空円筒状のケースを構成している。このケース42の円筒面の外側には、磁気遮蔽部材43が設けられている。この磁気遮蔽部材43は、磁気がモータの外部に漏れないようにするためのものであり、極く薄い強磁性材料(例えばパーマロイ)で形成されている。但し、磁気遮蔽部材43は、磁気回路を構成するためのヨークとしての機能は有していない。なお、モータに使用されている部材がヨークとしての機能を有して

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

30

いるか否かは、磁気遮蔽部材がある場合と無い場合のコイルの表面磁束密度に応じて判定することができる。例えば、磁気遮蔽部材 43 を設けたときに、コイルの表面磁束密度が 10% 以上増加する場合にはヨークとしての機能を有していると判定し、10% 未満である場合にはヨークとしての機能を有していないと判定
5 することが可能である。なお、この判定基準は、10% でなく 5% としてもよい。

ステータの内部の基板 220 には、駆動回路ユニット 500 (図 7) が設けられている。駆動回路ユニット 500 には、電気配線 210 を介して外部から電源と制御信号とが供給される。

ロータ 30M は、磁石群 34M を有しており、また、中心に軸 37 が設けられ
10 ている。図 22 (A) に示すように、ステータの左側の底面には、軸受け部 38 が設けられている。また、図 22 (B) に示すように、ロータ 30M の挿入後にケースを閉じるための蓋 39 にも、軸受け部 36 が設けられている。

なお、図 21 (B) の例では、第 1 のコイル群構造 40AB と第 2 のコイル群構造 50AB は、それぞれ 4 つのコイルを有しており、磁石群 34M は 6 つの磁
15 石を有している。但し、コイルや磁石の数は他の値に設定することが可能である。この 2 相モータは中空多重円筒構造を有しているので、ロータの振動が少ないという利点がある。

図 23 (A), 23 (B) は、2 相モータの機械的構成の他の例を示す断面図である。この 2 相モータは、図 21 (A), 21 (B) の構成から第 2 のコイル群構造 50AB を省略したものであり、略円筒状のロータ 30M (磁石群構造) が、
20 略円筒状のステータ 40AB (第 1 のコイル群構造) の内側に挿入されたインナーロータ構造を有している。コイルと磁石の配置は、図 15 (A), 15 (B) に示した片面配置に相当している。但し、インナーロータ構造を用いて片面配置を実現した場合には、図 15 (A), 15 (B) に示したヨーク材 36 は省略可能で
25 ある。

図 24 (A), 24 (B) は、2 相モータの機械的構成のさらに他の例を示す断

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

31

面図である。この2相モータは、円盤状のロータ30M（磁石群構造）が、円盤状の二重構造のステータ40AB、50AB（コイル群構造）の間に挿入された扁平ロータ構造を有している。このような扁平ロータ構造を採用すると、モータの厚みを薄くすることが可能である。

- 5 図25（A）、25（B）は、2相モータの機械的構成のさらに他の例を示す断面図である。この2相モータは、図24（A）、24（B）の構成から第2のコイル群構造50ABを省略したものであり、円盤状のロータ30M（磁石群構造）が、円盤状のステータ40AB（第1のコイル群構造）とが対向する扁平ロータ構造を有している。ロータ30Mの背面側（図中の右側面）には、ヨーク材36
10 が配置されている。コイルと磁石の配置は、図15（A）、15（B）に示した片面配置に相当している。

以上のように、本発明による電動機は、種々の機械的構成を採用することが可能である。

15 F. 第2実施例（3相モータ）

- 図26（A）～26（C）は、本発明の第2実施例における電動モータの概略構成を示す説明図である。この第3実施例のモータは、A相とB相とC相の3つのサブコイル群を有する3相モータである。磁石群構造30Mは、図4（A）に示した第1実施例の磁石群構造と同じ構成を有している。磁石群構造30Mの
20 両側には、第1のコイル群40ABCと第2のコイル群50ABCが設けられている。第1のコイル群構造40ABCは、A相サブコイル群のコイル91A1と、B相サブコイル群のコイル92B1と、C相サブコイル群のコイル93C1とが繰り返し配置されたものである。なお、図26（A）～26（C）では、図示の便宜上、A相サブコイル群のコイルを実線で描き、B相サブコイル群のコイルを
25 点線で、C相サブコイル群のコイルを破線で描いている。第2のコイル群構造50ABCも第1のコイル群構造40ABCと同じ構成を有している。また、第1

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

32

と第2のコイル群構造40ABC, 50ABCの同じ相のコイルは、互いに対向する位置に配置されている。A相, B相, C相の各相のサブコイル群間隔 D_c は、磁極ピッチ P_m の $2/3$ 倍であり、電気角で $2\pi/3$ に相当する。すなわち、サブコイル群間隔 D_c と磁極ピッチ P_m との関係式 $D_c = P_m(K/M)$ において、

5 第2実施例は $K=2$, $M=3$ の場合に相当する。

なお、A相サブコイル群は1種類のコイル91A1のみで構成されている。B相及びC相も同様である。この点は、第1実施例(図4(A))においてA相サブコイル群が互いに逆方向に励磁される2種類のコイル14A1, 14A2で構成されていた点と異なっている。この理由は、第2実施例では、サブコイル群間隔

10 $D_c (= 2P_m/3 = 2\pi/3)$ に相数 $M (= 3)$ を乗じた値 $D_c \times M$ が、電気角で 2π になるからである。 $D_c \times M$ の値は、同じ相の隣接するコイル同士の距離に相当する。従って、この距離 $D_c \times M$ が 2π に等しい場合には、同じ相の隣接するコイル同士は常に同じ極性に励磁される。なお、一般には、整数 K の値が偶数の場合には、各相のサブコイル群内のすべてのコイルが常に同じ極性に励磁

15 される。一方、整数 K の値が奇数の場合には、各相のサブコイル群内の隣接するコイル同士が常に逆の極性に励磁される。

図26(A)は、位相が 2π 直前の状態を示している。位相が 2π のタイミングでは、A相サブコイル群91A1の極性が反転する。図26(B)は、位相が $\pi/3$ の直前の状態を示している。位相が $\pi/3$ のタイミングでは、C相サブコイル群93C1の極性が反転する。図26(C)は位相が $2\pi/3$ の直前の状態を示している。位相が $2\pi/3$ のタイミングでは、B相サブコイル群92B1の極性が反転する。

この第2実施例の3相モータにおいても、A相サブコイル群91A1の極性(磁化方向)は、A相サブコイル群91A1の各コイルが磁石群30Mの各磁石と対向するタイミングで切り換えられる。B相サブコイル群及びC相サブコイル群も

25 同様である。この結果、すべてのコイルから常に駆動力を発生させ得るので、大

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

33

きなトルクを発生することが可能である。

なお、第2実施例の3相モータも、第1実施例と同様に、磁性体のコアを有しておらず、磁気回路を構成するヨークも有していない。また、回転軸と、軸受け部以外の構造材は、すべて非磁性で非導電性の材料で形成されていることが好ましい。

図27は、第2実施例における駆動制御部の構成を示すブロック図である。この駆動制御部100cは、図8に示した2相モータ用の回路に、C相のための回路部分（例えば電圧比較器115, 116）を追加し、また、正弦波発生回路108を追加したものである。

正弦波発生回路108は、3相のセンサ信号SSA, SSB, SSCに応じて、位相が $2\pi/3$ ずつ順次ずれた3つの正弦波信号SA, SB, SCを発生する。3つの正弦波信号SA, SB, SCは、電圧比較器111~116に入力され、また、2段PWM回路130aにも供給される。なお、マルチプレクサ120a及び2段PWM回路130aは、図8に示したこれらの回路を三相用に変更したものである。2段PWM回路130aからは、三相の駆動信号対(DRVA1, DRVA2), (DRVB1, DRVB2), (DRVC1, DRVC2)が出力される。なお、各駆動信号の波形は、図10及び図11に示したものとほぼ同じであり、各相の位相差が $2\pi/3$ である点だけが異なっている。

図28は、第2実施例におけるドライバ回路の構成を示すブロック図である。

このドライバ回路150cは、サブコイル群91A, 92B, 93Cを駆動するための3相ブリッジ回路である。

図29は、第2実施例のセンサ信号と各相のコイルの励磁方向を示すタイミングチャートである。A, B, C相のセンサ信号SSA, SSB, SSCは、電気角で π の長さの期間毎にHレベルとLレベルが切り替わるデジタル信号である。

また、各相の位相は、 $2\pi/3$ ずつ順次ずれている。図29の下部には、A, B, C相の各サブコイル群の励磁方向が示されている。各サブコイル群の励磁方向は、

-WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

34

3つのセンサ信号SSA, SSB, SSCの論理演算で決定されている。

図30(A)~30(F)は、図29の6つの期間P1~P6における電流方向を示している。本実施例では、A, B, C相のサブコイル群がスター結線されているがデルタ結線してもよい。期間P1では、B相サブコイル群からA相とC相のサブコイル群に電流が流れる。期間P2では、B相とC相のサブコイル群からA相サブコイル群に電流が流れる。このように、A, B, C相の各サブコイル群に常に電流が流れるように各サブコイル群を駆動すれば、大きなトルクを発生することができる。

第2実施例の3相モータにおいても、磁石群構造30Mの両側に2つのコイル群構造40ABC, 50ABCを設け、磁石群構造30Mの両側の磁束を利用して駆動力を発生させているので、大きな駆動力を得ることができる。また、第2実施例の3相モータも、磁性体のコア及びヨークを全く設けない構成としたので、軽量で大きなトルクを得ることができる。また、コギングが無く、極めて低回転数まで安定した回転を維持することができる。但し、2つのコイル群構造40ABC, 50ABCの一方を省略して片面構造を採用してもよい。この場合には、磁石群構造30Mにヨーク材36(図15(A), 15(B))を設けるようにしてもよい。

なお、3相モータの機械的構造としては、上述したインサートロータ構造や、インナーロータ構造、扁平ロータ構造、リニアモータ構造などの各種の構造を採用することが可能である。また、上述した第1実施例の各種の変形例と同様な変形を、第2実施例の3相モータにも適用することが可能である。

G. 第3実施例(4相モータ)

図31(A)~31(D)は、本発明の第3実施例における電動モータの概略構成と動作を示す説明図である。この第3実施例のモータは、A相とB相とC相とD相の4つのサブコイル群を有する4相モータである。磁石群構造30Mは、

-WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

35

図4 (A) に示した第1実施例の磁石群構造と同じ構成を有している。磁石群構造30Mの両側には、第1のコイル群40ABCDと第2のコイル群50ABCDが設けられている。第1のコイル群構造40ABCDは、A相サブコイル群のコイル91A1, 91A2と、B相サブコイル群のコイル92B1, 92B2と、
5 C相サブコイル群のコイル93C1, 93C1と、D相サブコイル群のコイル94D1, 94D2が所定の順番で配置されたものである。なお、図31 (A) ~ 31 (D) では、図示の便宜上、A相サブコイル群のコイルを実線で描き、B相サブコイル群のコイルを点線で、C相サブコイル群のコイルを破線で描き、D相サブコイル群のコイルを一点鎖線で描いている。第2のコイル群構造50ABCD
10 Dも第1のコイル群構造40ABCDと同じ構成を有している。また、第1と第2のコイル群構造40ABCD, 50ABCDの同じ相のコイルは、互いに対向する位置に配置されている。A相, B相, C相, D相の各相のサブコイル群間隔 D_c は、磁極ピッチ P_m の $3/4$ 倍であり、電気角で $3\pi/4$ に相当する。すなわち、サブコイル群間隔 D_c と磁極ピッチ P_m との関係式 $D_c = P_m (K/M)$
15 において、第3実施例は $K=3$, $M=4$ の場合に相当する。

なお、A相サブコイル群は、互いに逆方向に励磁される2種類のコイル91A1, 91A2で構成されている。他の相も同様である。この理由は、第2実施例で説明したように、サブコイル群間隔 D_c と磁極ピッチ P_m との関係式 $D_c = P_m (K/M)$ において、整数 K が奇数だからである。

20 図31 (A) は、位相が 2π 直前の状態を示している。位相が 2π のタイミングでは、D相サブコイル群94Dの極性が反転する。図31 (B) は、位相が $\pi/4$ の直前の状態を示している。位相が $\pi/4$ のタイミングでは、C相サブコイル群93Cの極性が反転する。図31 (C) は位相が $\pi/2$ の直前の状態を示している。位相が $\pi/2$ のタイミングでは、B相サブコイル群92Bの極性が反転
25 する。図31 (D) は位相が $3\pi/4$ の直前の状態を示している。位相が $3\pi/4$ のタイミングでは、A相サブコイル群91Aの極性が反転する。

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

36

この第3実施例の4相モータにおいても、A相サブコイル群91Aの極性（磁化方向）は、A相サブコイル群91Aの各コイルが磁石群30Mの各磁石と対向するタイミングで切り換えられる。他の相のサブコイル群も同様である。この結果、すべてのコイルから常に駆動力を発生させ得るので、大きなトルクを発生することが可能である。

なお、第3実施例の4相モータも、第1実施例と同様に、磁性体のコアを有しておらず、磁気回路を構成するヨークも有していない。また、回転軸と、軸受け部以外の構造材は、すべて非磁性で非導電性の材料で形成されていることが好ましい。

図32は、第3実施例のセンサ信号と各相のコイルの励磁方向を示すタイミングチャートである。なお、第3実施例の駆動回路ユニットの構成は、上述した第1実施例（図7、図8）及び第2実施例（図27）から類推して容易に構成可能なので説明を省略する。図32において、各相の位相は $3\pi/4$ ずつ順次ずれている。図32の下部には、各相のサブコイル群の励磁方向が示されている。各サブコイル群の励磁方向は、4つのセンサ信号SSA, SSB, SSC, SSDの論理演算で決定されている。

第3実施例の4相モータにおいても、磁石群構造30Mの両側に2つのコイル群構造40ABCD, 50ABCDを設け、磁石群構造30Mの両側の磁束を利用して駆動力を発生させているので、大きな駆動力を得ることができる。また、第3実施例の4相モータも、磁性体のコア及びヨークを全く設けない構成としたので、軽量で大きなトルクを得ることができる。また、コギングが無く、極めて低回転数まで安定した回転を維持することができる。但し、2つのコイル群構造40ABCD, 50ABCDの一方を省略して片面構造を採用してもよい。この場合には、磁石群構造30Mにヨーク材36（図15（A）、15（B））を設けるようにしてもよい。

なお、4相モータの機械的構造としては、上述したインサートロータ構造や、

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

37

インナーロータ構造、扁平ロータ構造、リニアモータ構造などの各種の構造を採用することが可能である。また、上述した第1実施例の各種の変形例と同様な変形を、第3実施例の4相モータにも適用することが可能である。

以上の各種の実施例から理解できるように、本発明は、M組のサブコイル群を
5 有するM相のモータとして構成することが可能である。このとき、各サブコイル群は、それぞれ1つ以上のコイルで構成される。また、磁石群も1つ以上の磁石で構成することができる。但し、磁石群が1つの磁石のみで構成されるときには、各サブコイル群は複数のコイルで構成される。一方、各サブコイル群が1つのコイルのみで構成される場合には、磁石群は複数の磁石で構成される。

10 また、駆動信号生成回路と回生回路は、M組のサブコイル群のうちのすくなくとも1つのサブコイル群から駆動力を発生させつつ、他の少なくとも1つのサブコイル群から電力を回生する運転モードで電動機を運転することが可能な回路構成を採用することが可能である。

15 H. その他の変形例

(1) 図33(A)は、コイル形状と磁石形状の変形例を示す説明図であり、モータの右半分の縦断面図を示している。ロータ30Mは、回転軸37を中心として回転する。ロータ30Mの外周には、磁石34Mが設けられており、その上下にA相のコイル14A1がそれぞれ配置されている。なお、この図では他の相の
20 コイルは図示が省略されている。磁石34Mは、外周部の中央に凹部を有しており、上下方向に着磁されている。コイル14A1は、通常の平面的な環状コイルである。

図33(B)は、平面的な環状コイル14A1の代わりに、磁石34Mの外形に沿ってL字型に屈曲した環状コイル14A1aを用いた構造を示している。こ
25 のような屈曲環状コイル14A1aを用いるようにすれば、磁石34Mの上下にある凸部近傍における磁束を有効に利用することができる。従って、電動機の効

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

38

率を向上させることが可能である。

(2) 上記実施例や変形例では、主として回転式モータについて説明したが、本発明は、回転式モータ以外の種々の電動機に適用することが可能である。また、本発明は、アクチュエータに限らず、発電機にも適用可能である。

- 5 (3) 上記実施例や変形例では、主として複数のコイル群がステータを構成し、磁石群がロータを構成していたが、逆の構成にすることも可能である。一般に、本発明は、複数のコイル群と磁石群との相対的な位置が変化可能なアクチュエータや発電機に適用することが可能である。

- 10 (4) 上記実施例や変形例で使用した回路構成は一例であり、これら以外の種々の回路構成を採用することが可能である。

産業上の利用可能性

この発明は、回転式モータやリニアモータなどの種々の電動機及び発電機に適用可能である。

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

39

請求の範囲

1. 電動機であって、

所定の方向に沿って配置された複数のコイルを含む第1のコイル群と、

- 5 前記第1のコイル群に対面しているとともに、前記第1のコイル群に対して前記所定の方向に沿って相対的に移動可能な磁石群と、
を備え、

前記第1のコイル群はそれぞれ n 個（ n は1以上の整数）のコイルで構成される M 相（ M は2以上の整数）のサブコイル群に分類されているとともに、前記所
10 定の方向に沿って第1相サブコイル群から第 M 相サブコイル群までの各サブコイル群のコイルが所定のサブコイル群間隔 D_c で1つずつ順番に配列されており、

前記磁石群に関して前記所定の方向に沿って電気角で π に相当する距離を磁極
ピッチ P_m と定義したとき、前記サブコイル群間隔 D_c は前記磁極ピッチ P_m の
 K/M 倍（ K は M の整数倍を除く正の整数）の値に設定されており、

- 15 隣接するサブコイル群同士は、 $(K/M)\pi$ の位相差で駆動され、
各コイルは磁性体製のコアを実質的に有していない、電動機。

2. 請求項1記載の電動機であって、

- 前記第1のコイル群側から前記磁石群を見たとき、前記所定の方向に沿って N
20 極と S 極とが交互に配置されており、前記 N 極と S 極のピッチは前記磁極ピッチ
 P_m に等しい、電動機。

3. 請求項1記載の電動機であって、

- 前記第1のコイル群側から前記磁石群を見たとき、前記所定の方向に沿って N
25 極と S 極との中の所定の一方である同極が繰り返し配置されており、前記同極
同士のピッチは前記磁極ピッチ P_m の2倍に等しい、電動機。

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

40

4. 請求項 1～3 のいずれかに記載の電動機であって、さらに、
前記第 1 のコイル群と前記磁石群とを収納するケースを備えており、
各コイルは、実質的に非磁性かつ非導電性の材料で形成されたコアの回りに巻
5 き回されており、
前記ケースは、実質的に非磁性かつ非導電性の材料で形成されている、電動機。
5. 請求項 1～4 のいずれかに記載の電動機であって、
回転軸と、軸受け部以外の構造材は、実質的に非磁性かつ非導電性の材料で形
10 成されている、電動機。
6. 請求項 1～5 のいずれかに記載の電動機であって、
前記整数 K は奇数であり、
各サブコイル群のコイル数 n は 2 以上であり、同一相のサブコイル群に属する
15 隣り合うコイル同士が常に逆極性に励磁されるように互いに接続されている、電
動機。
7. 請求項 1～5 のいずれかに記載の電動機であって、
前記整数 K は偶数であり、
20 各サブコイル群のコイル数 n は 2 以上であり、同一相のサブコイル群に属する
すべてのコイルが常に同じ極性に励磁されるように互いに接続されている、電動
機。
8. 請求項 1～7 のいずれかに記載の電動機であって、さらに、
25 前記磁石群を挟んで前記第 1 のコイル群と反対側に設けられているとともに、
前記第 1 のコイル群との相対的な位置が固定されている第 2 のコイル群を備え、

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

41

前記第2のコイル群は、前記第1のコイル群と同一のコイル配置を有しており、
前記第1のコイル群の第 m 相のサブコイル群 (m は1～ M の整数) と、前記第2のコイル群の第 m 相のサブコイル群とは、前記磁石群を挟んで対向する位置に配置されているとともに常に同じ極性に励磁される、電動機。

5

9. 請求項1～8のいずれかに記載の電動機であって、さらに、

前記 M 相のサブコイル群に供給する M 個の交流駆動信号を供給するための駆動信号生成回路を備え、

前記駆動信号生成回路は、各サブコイル群に属する各コイルの極性が前記磁石群内の磁石の中心と各コイルの中心とが対向するタイミングで切り替わるとともに、同一相のサブコイル群に属する隣り合うコイル同士の間中央位置が前記磁石群内の磁石の中心と対向するタイミングにおいて当該サブコイル群における磁束密度が最も大きくなるように、前記 M 個の交流駆動信号を生成する、電動機。

15 10. 請求項9記載の電動機であって、

前記駆動信号生成回路は、各サブコイル群の電流方向を逆転させることによって、前記第1のコイル群と前記磁石群の動作方向を逆転させることが可能である、電動機。

20 11. 請求項9又は10記載の電動機であって、

前記駆動信号生成回路は、

位相が $(K/M) \pi$ だけ相互にずれた M 個のPWM信号をそれぞれ生成するPWM回路と、

前記電動機の出力要求に応じて前記 M 個のPWM信号をマスクすることによって前記 M 個の交流駆動信号を生成するマスク回路と、
25 を備える、電動機。

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

42

12. 請求項11記載の電動機であって、

前記マスク回路は、各交流駆動信号の極性が反転するタイミングを中心とした対称な時間的範囲で各PWM信号をマスクする、電動機。

5

13. 請求項9～12のいずれかに記載の電動機であって、さらに、

前記コイル群から電力を回生するための回生回路を備え、

前記駆動信号生成回路と前記回生回路は、前記M相のサブコイル群のうちの少なくとも1相のサブコイル群から駆動力を発生させつつ、他の少なくとも1相
10 のサブコイル群から電力を回生する運転モードで前記電動機を運転することが可能である、電動機。

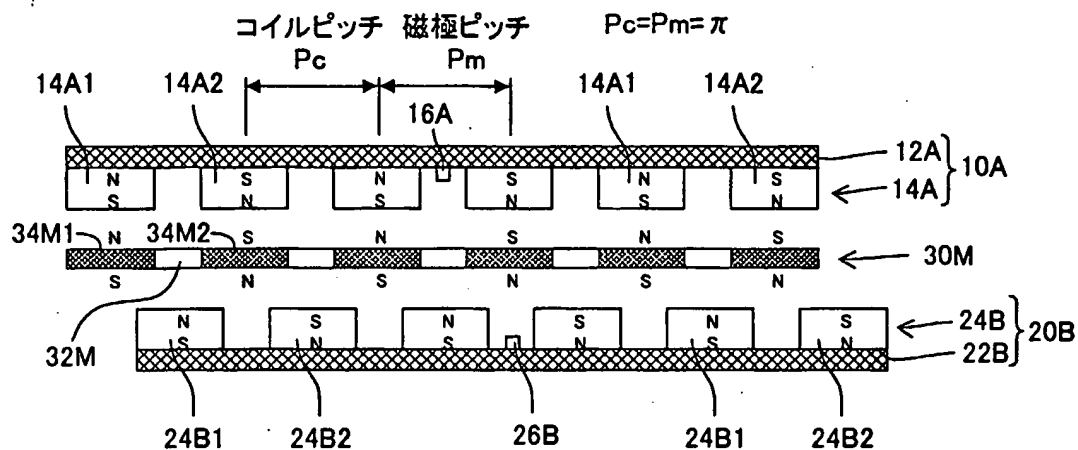
WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

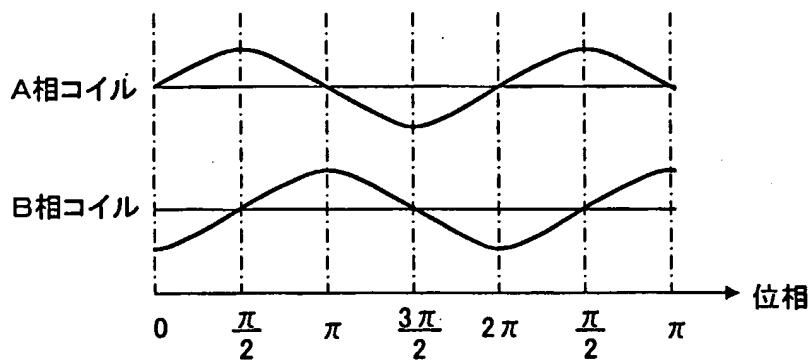
1/31

図 1

(A) 構造(比較例)



(B) 交流駆動信号



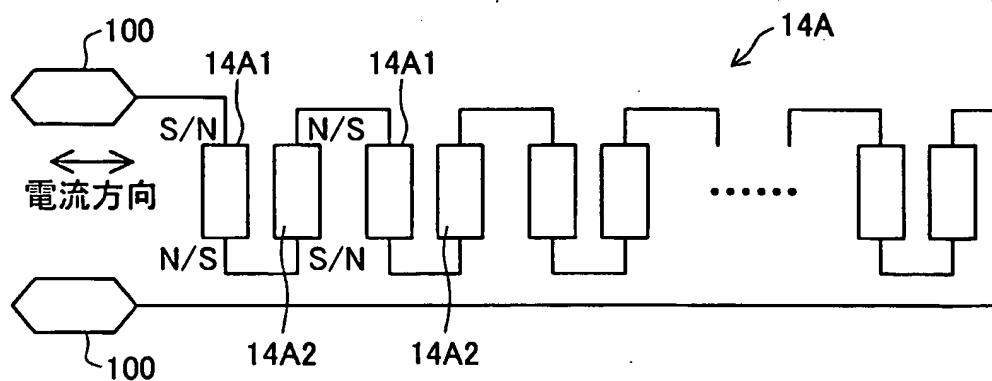
WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

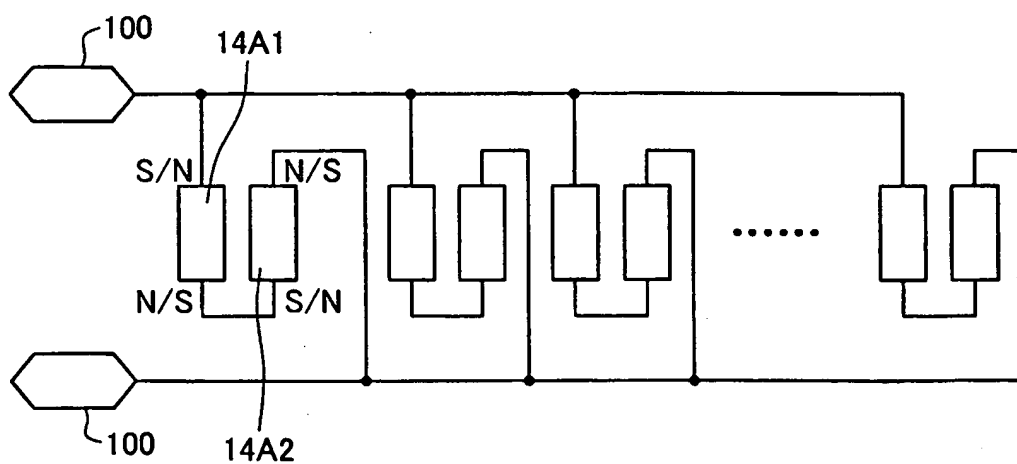
2/31

図 2

(A)



(B)



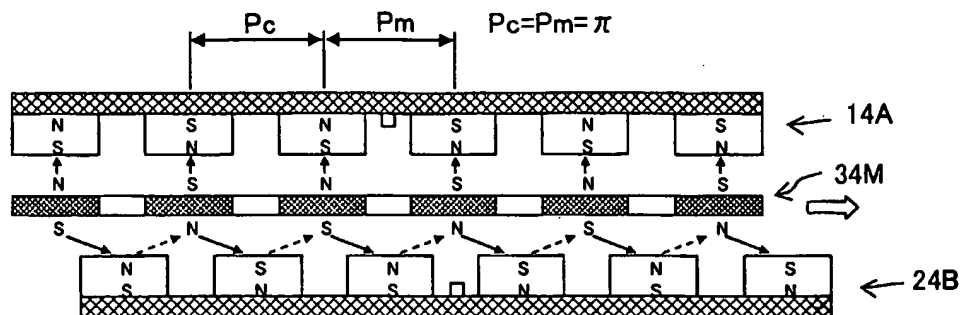
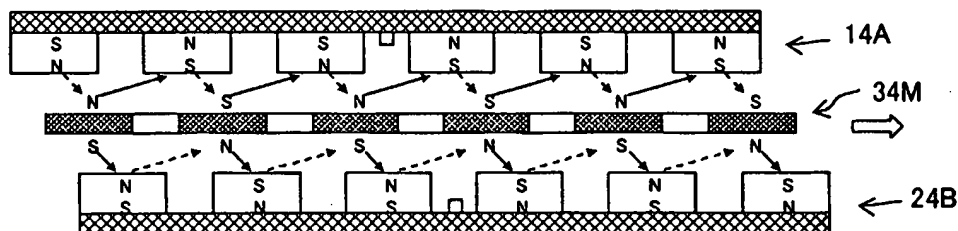
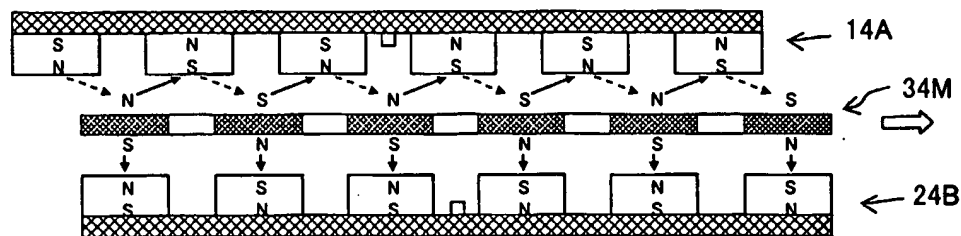
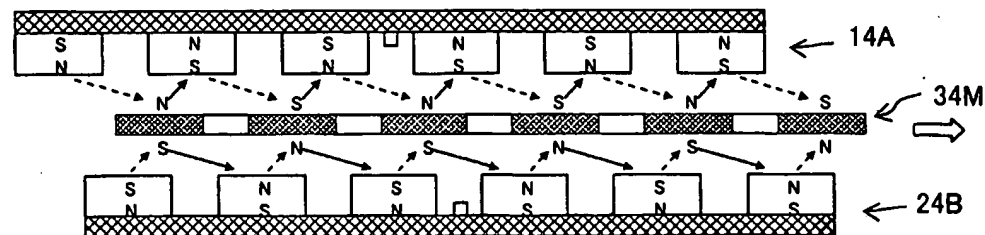
WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

3/31

図 3

(A) 比較例

位相 = 2π 直前 (2π で A 相が極性反転)(B) 位相 = $\pi/4$ (C) 位相 = $\pi/2$ 直前 ($\pi/2$ で B 相が極性反転)(D) 位相 = $3\pi/4$ 

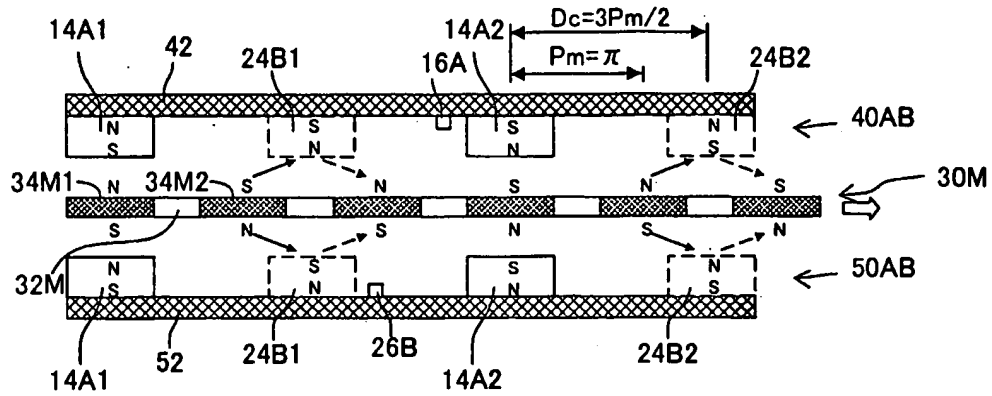
WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

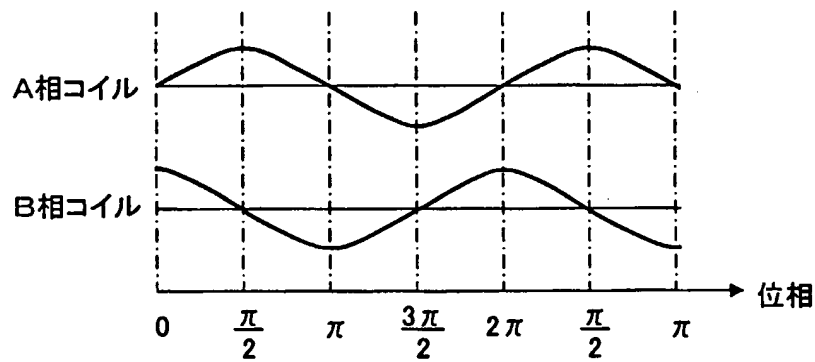
4/31

図 4

(A) 第1実施例(2相モータ)



(B) 交流駆動信号



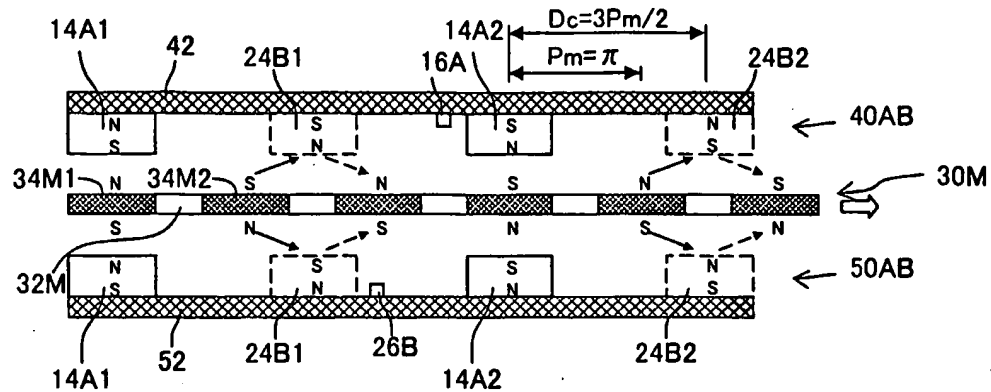
WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

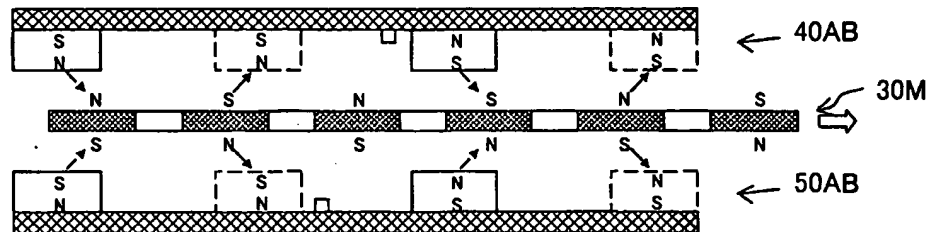
5/31

図 5

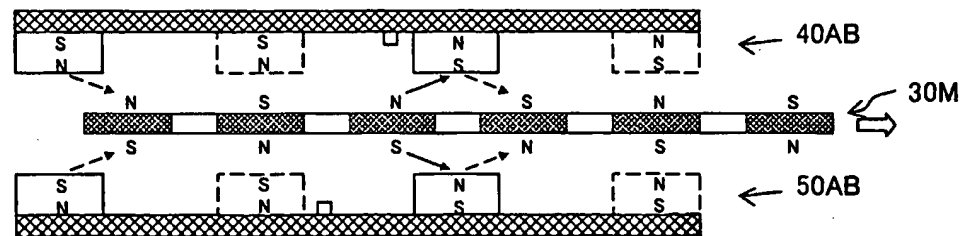
(A) 第1実施例(2相モータ)
位相 = 2π 直前 (2π でA相が極性反転)



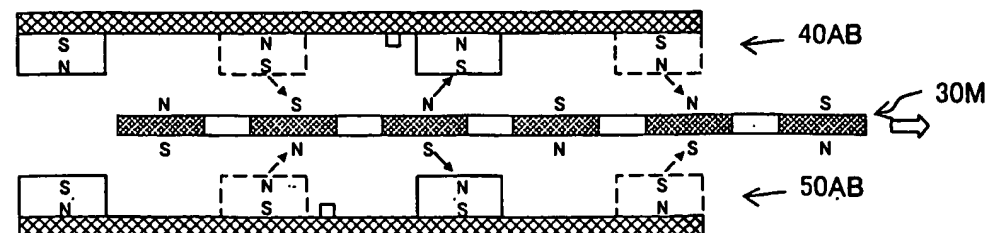
(B) 位相 = $\pi/4$



(C) 位相 = $\pi/2$ 直前 ($\pi/2$ でB相が極性反転)



(D) 位相 = $3\pi/4$ 直前



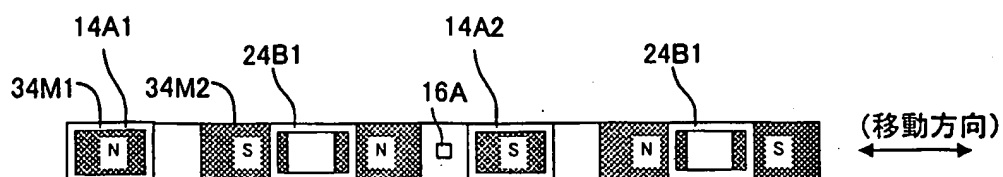
WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

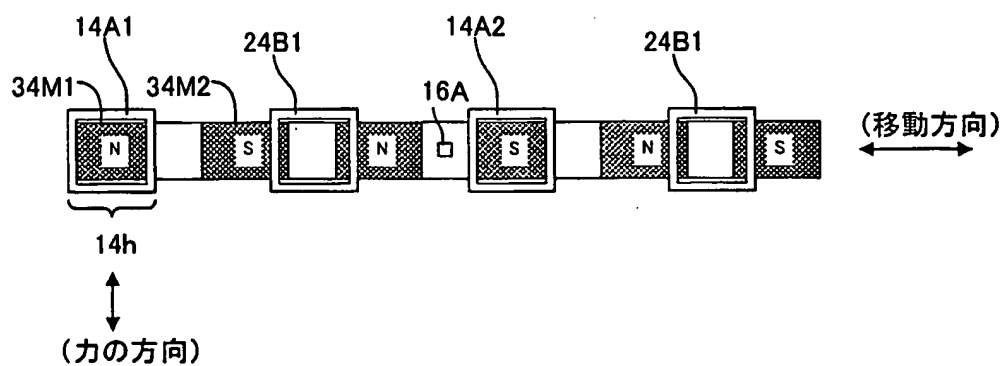
6/31

図 6

(A) 平面配置 (例1)



(B) 平面配置 (例2)



WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

7/31

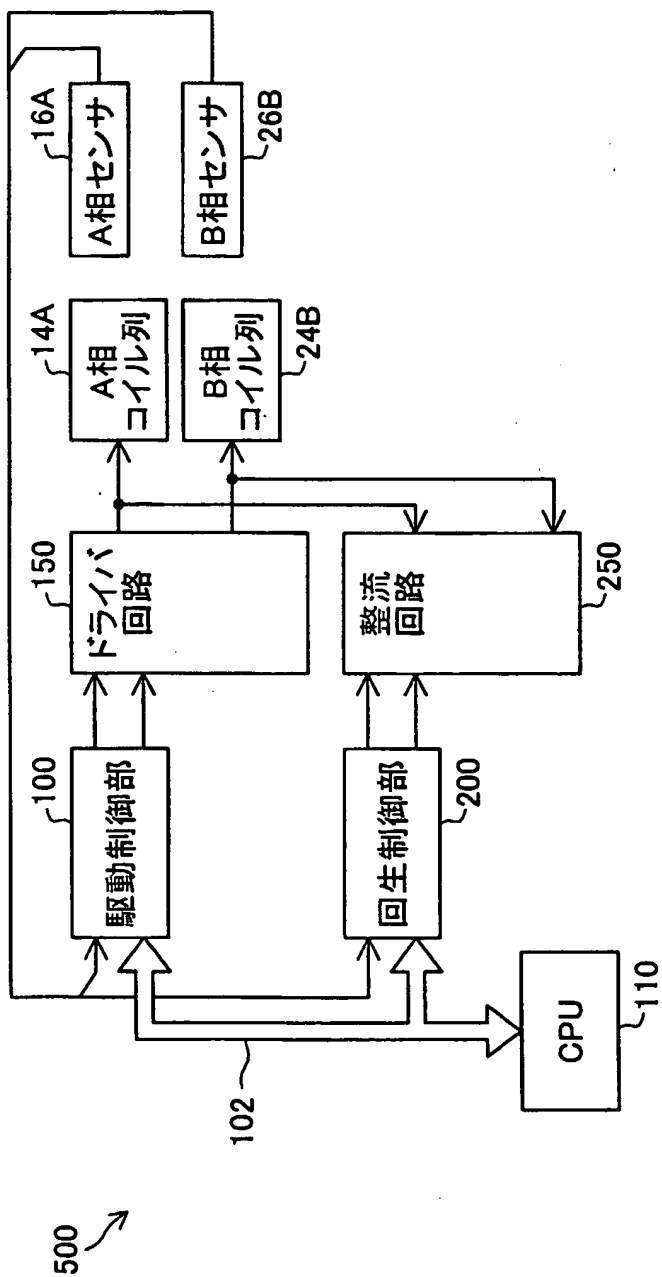
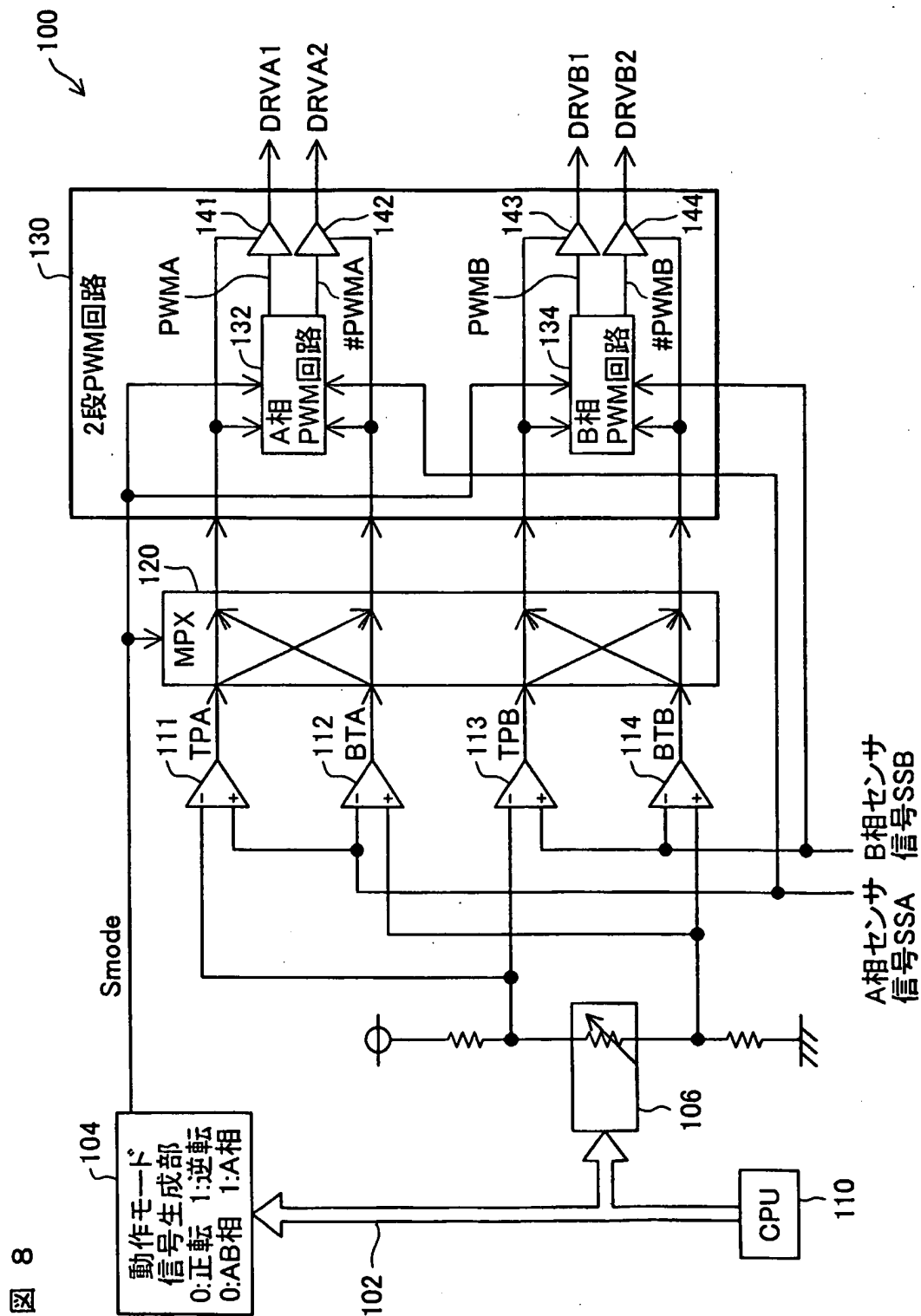


図 7

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

8/31

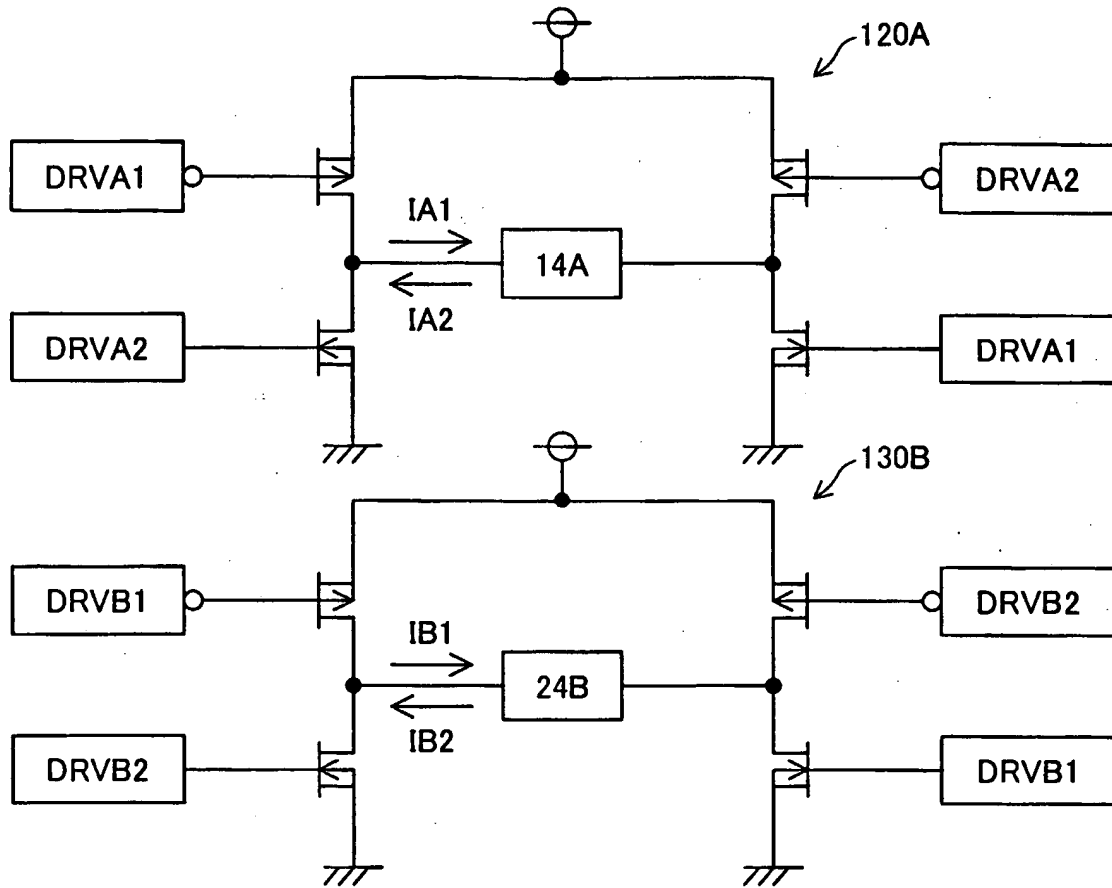


WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

9/31

図 9

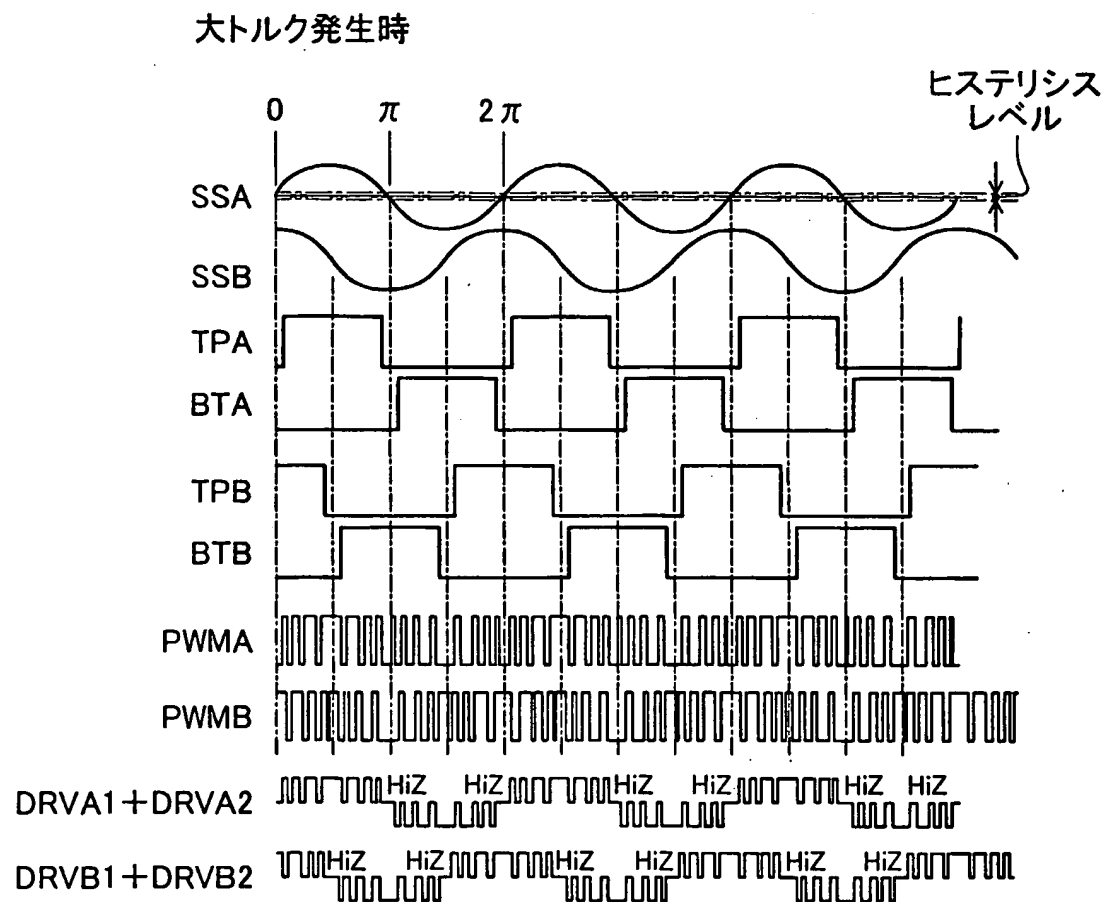


WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

10/31

図 10

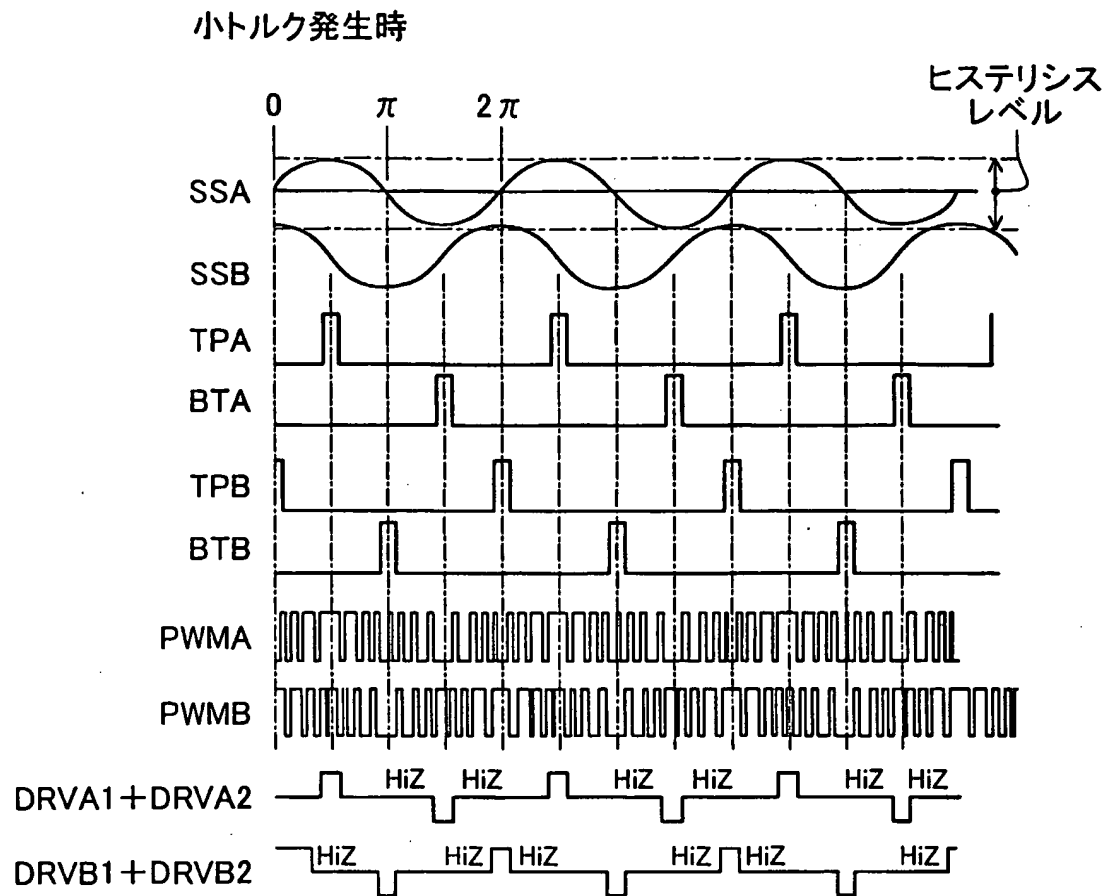


WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

11/31

図 11



WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

12/31

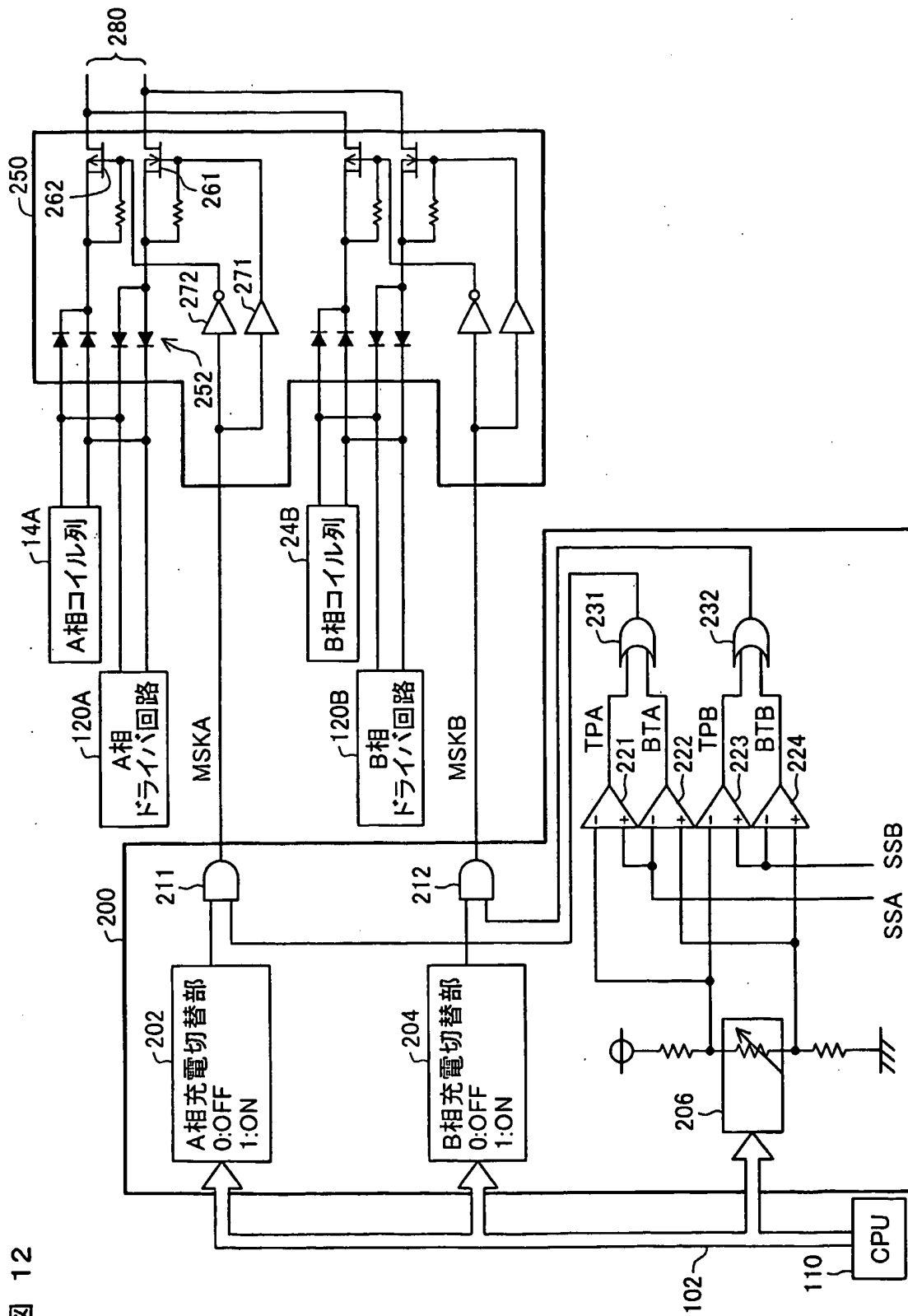


図 12

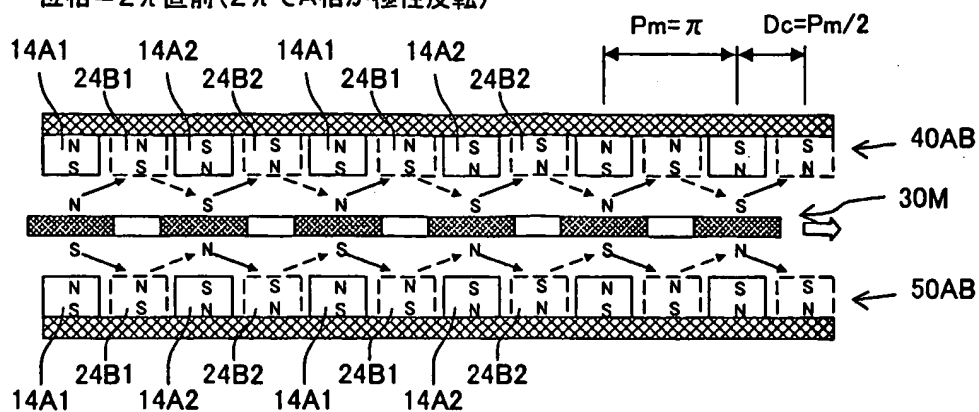
WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

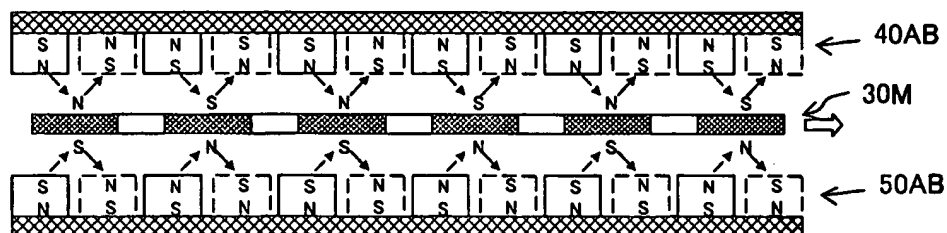
13/31

図 13

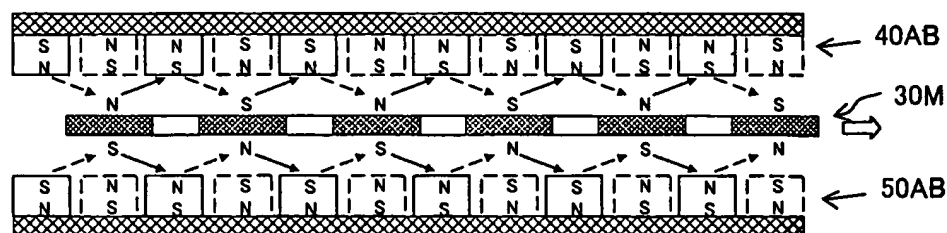
(A) 2相モータの第1変形例
 位相 = 2π 直前 (2π でA相が極性反転)



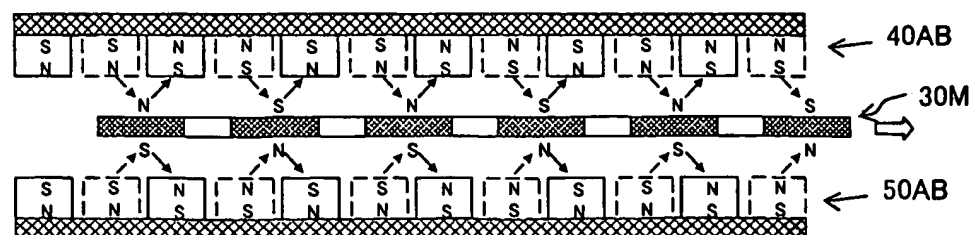
(B) 位相 = $\pi/4$



(C) 位相 = $\pi/2$ 直前 ($\pi/2$ でB相が極性反転)



(D) 位相 = $3\pi/4$ 直前



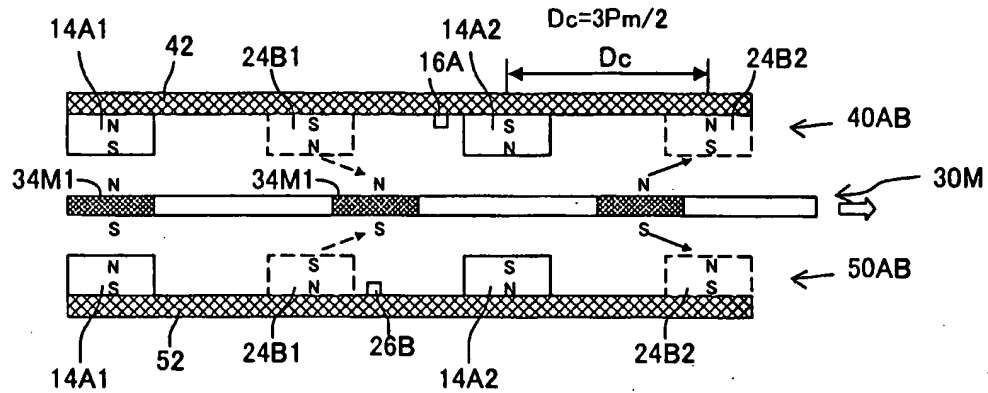
WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

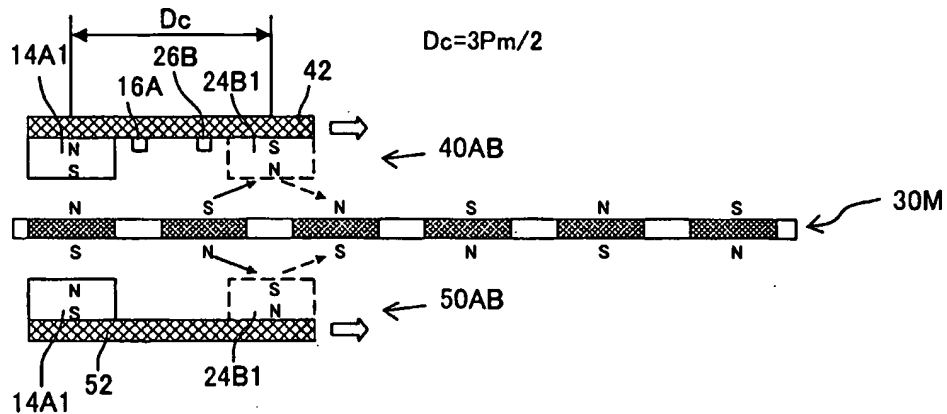
14/31

図 14

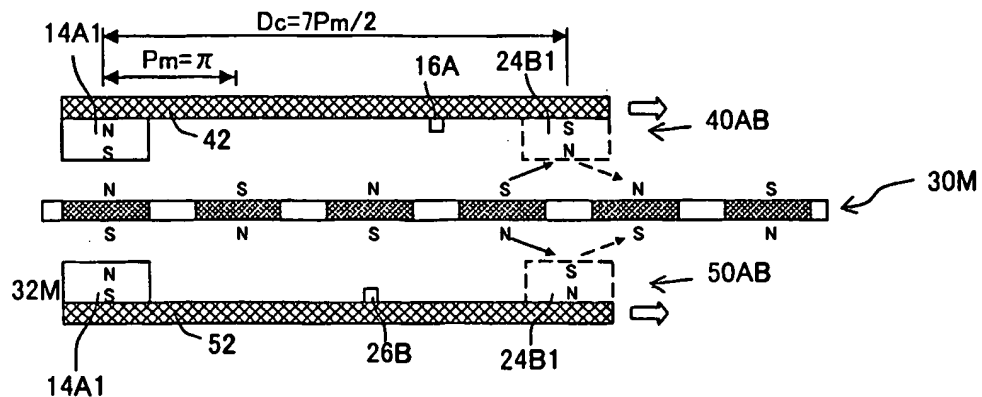
(A) 2相モータの第2変形例

位相 = 2π 直前 (2π で A 相が極性反転)

(B) 2相モータの第3変形例



(C) 2相モータの第4変形例



WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

16/31

図 16

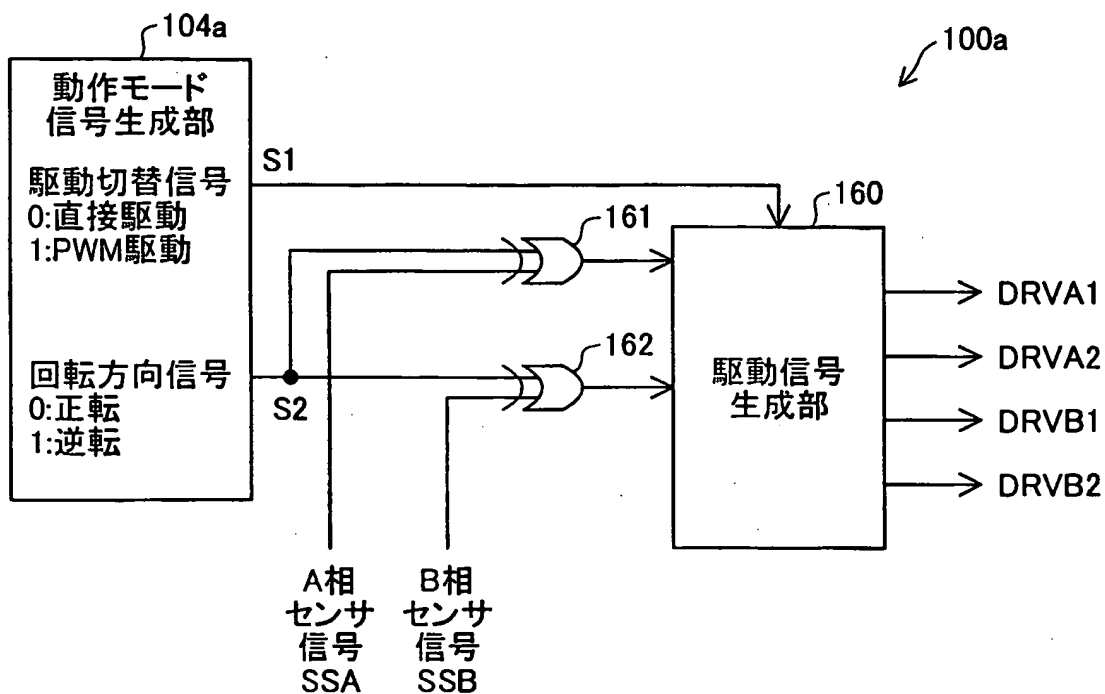
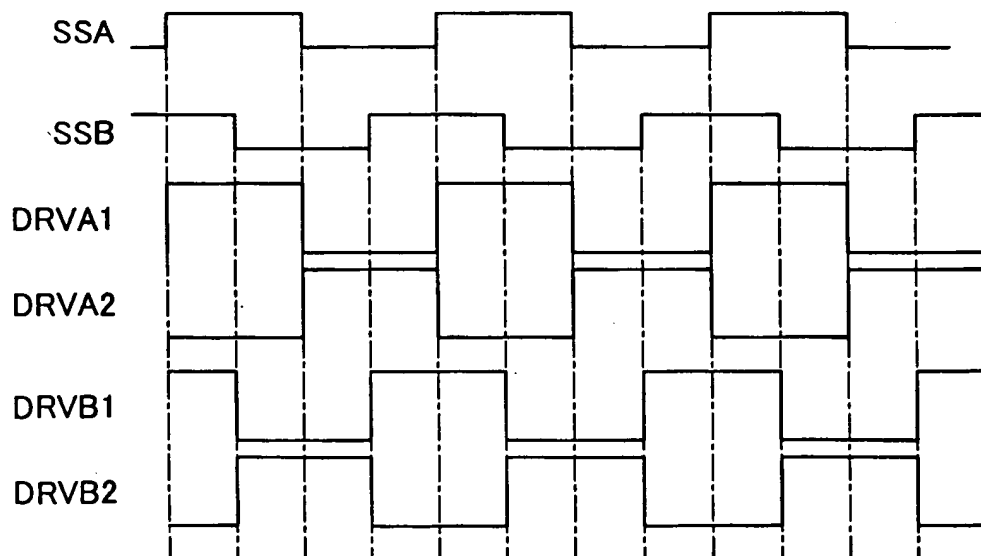


図 17



WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

17/31

図 18

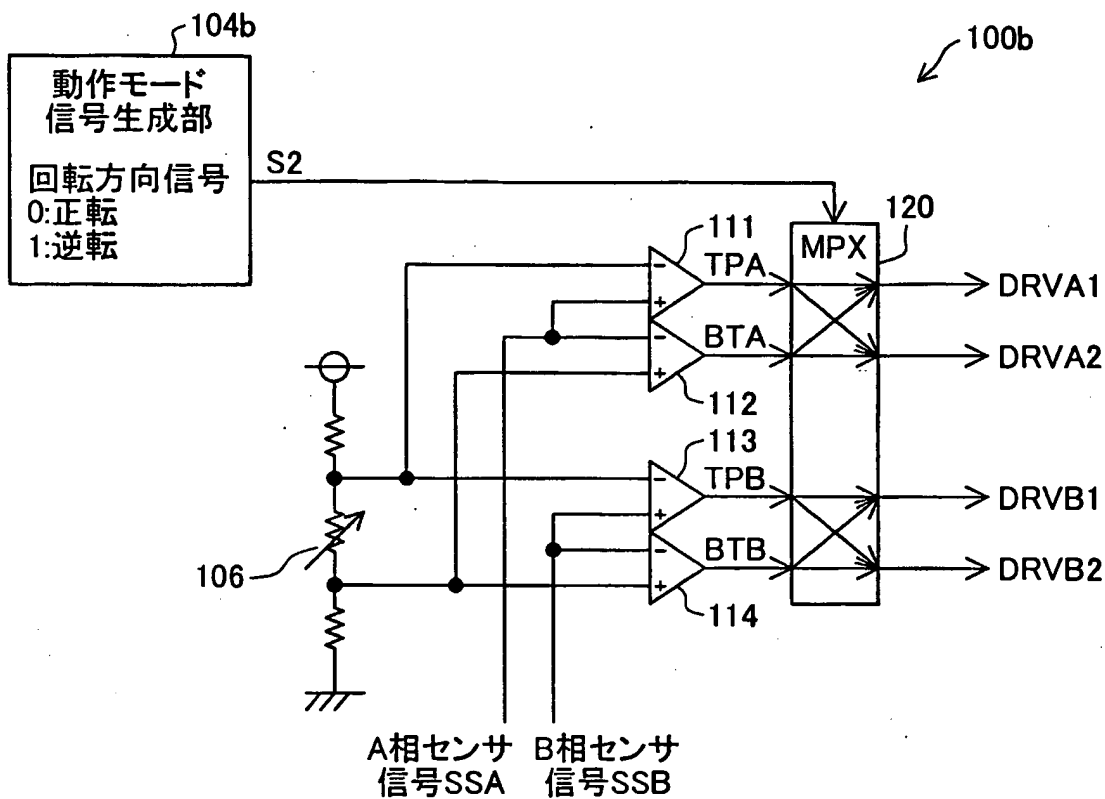
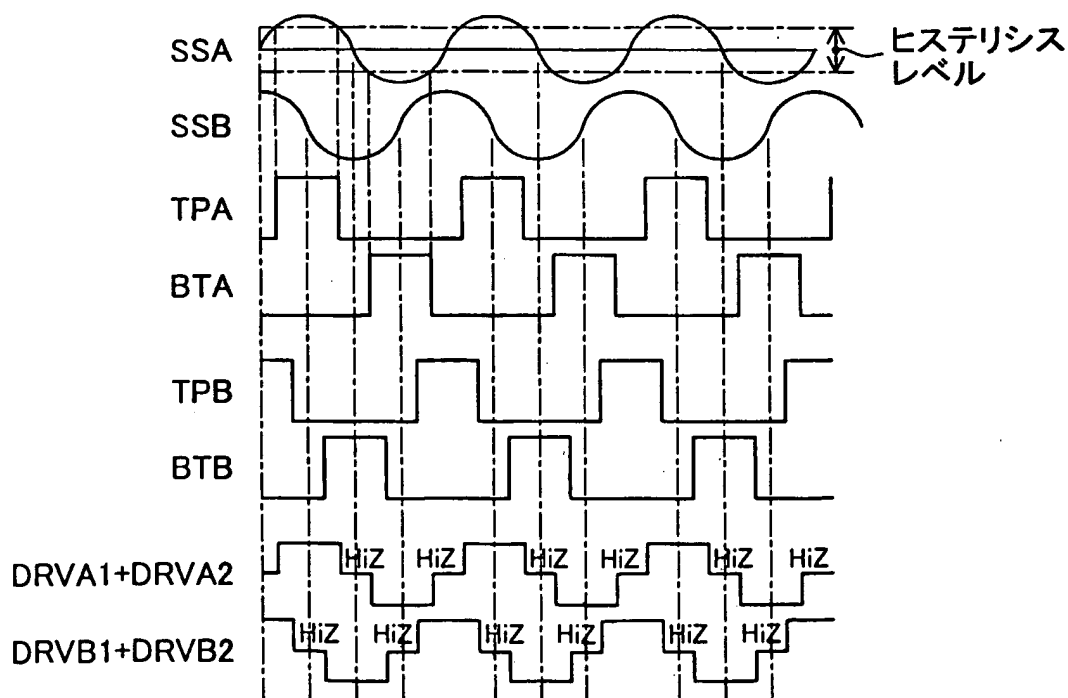


図 19

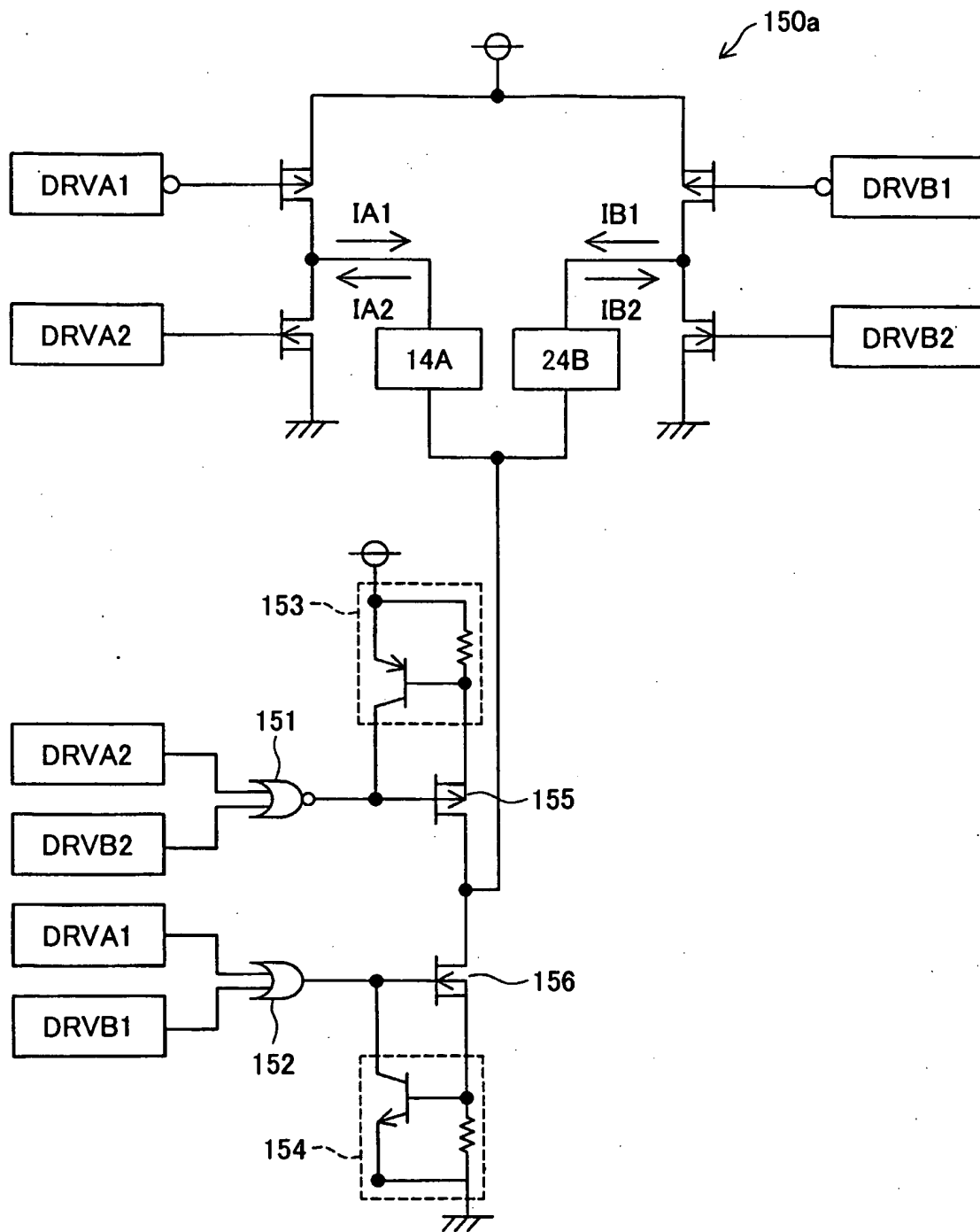


WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

18/31

図 20



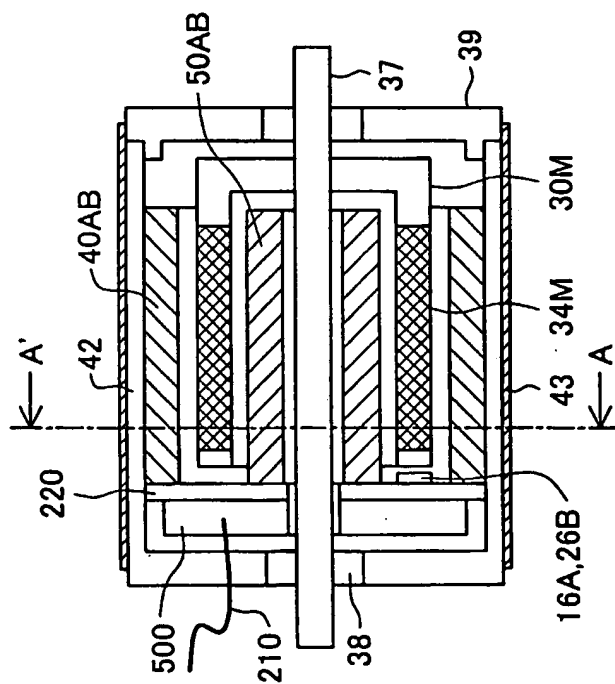
WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

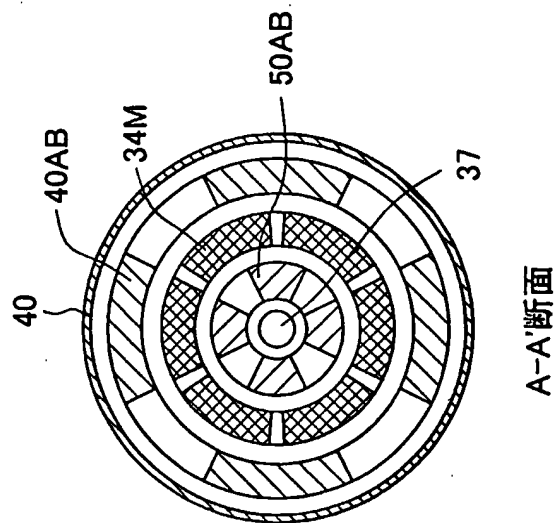
19/31

図 21

(A) インサートロータ構造(両面配置)



(B)



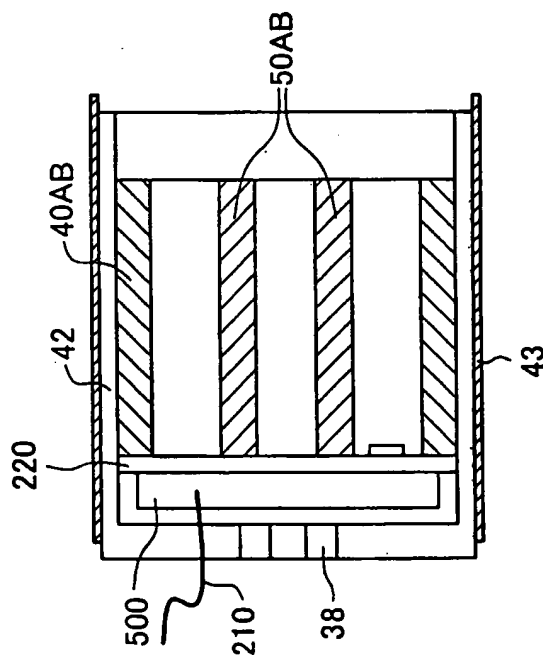
WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

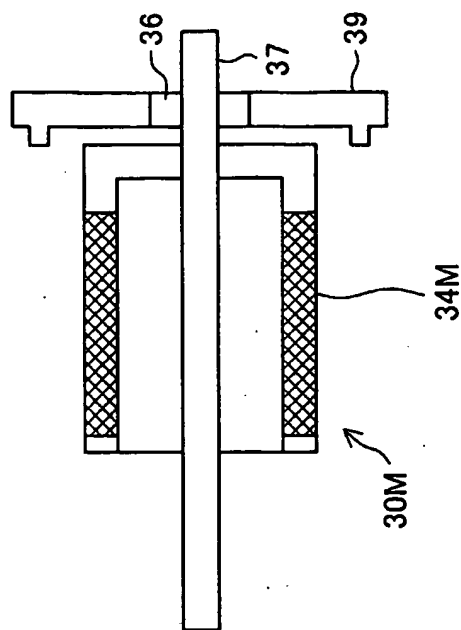
20/31

図 22

(A) ステータ



(B) ロータ



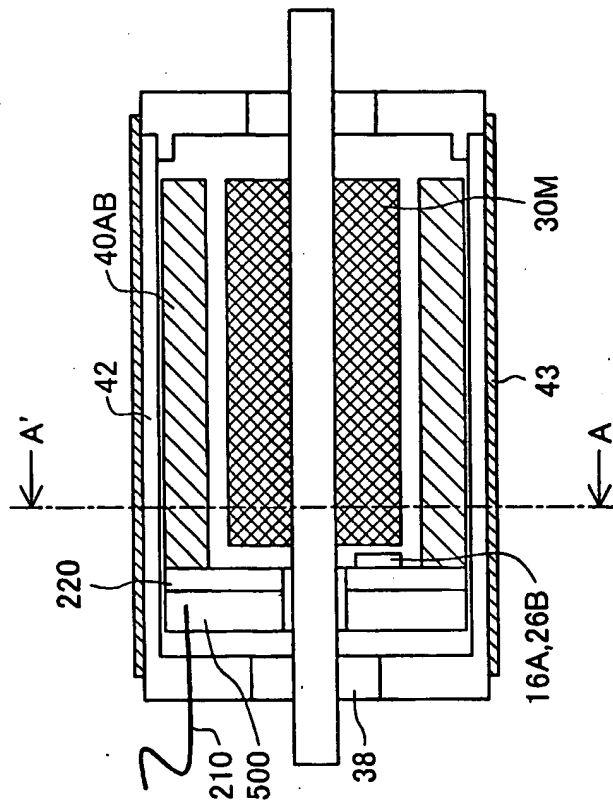
WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

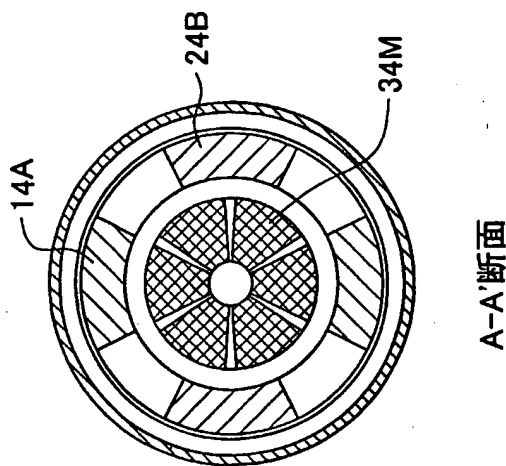
21/31

図 23

(A) インナーロータ構造(片面配置)



(B)



A-A'断面

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

22/31

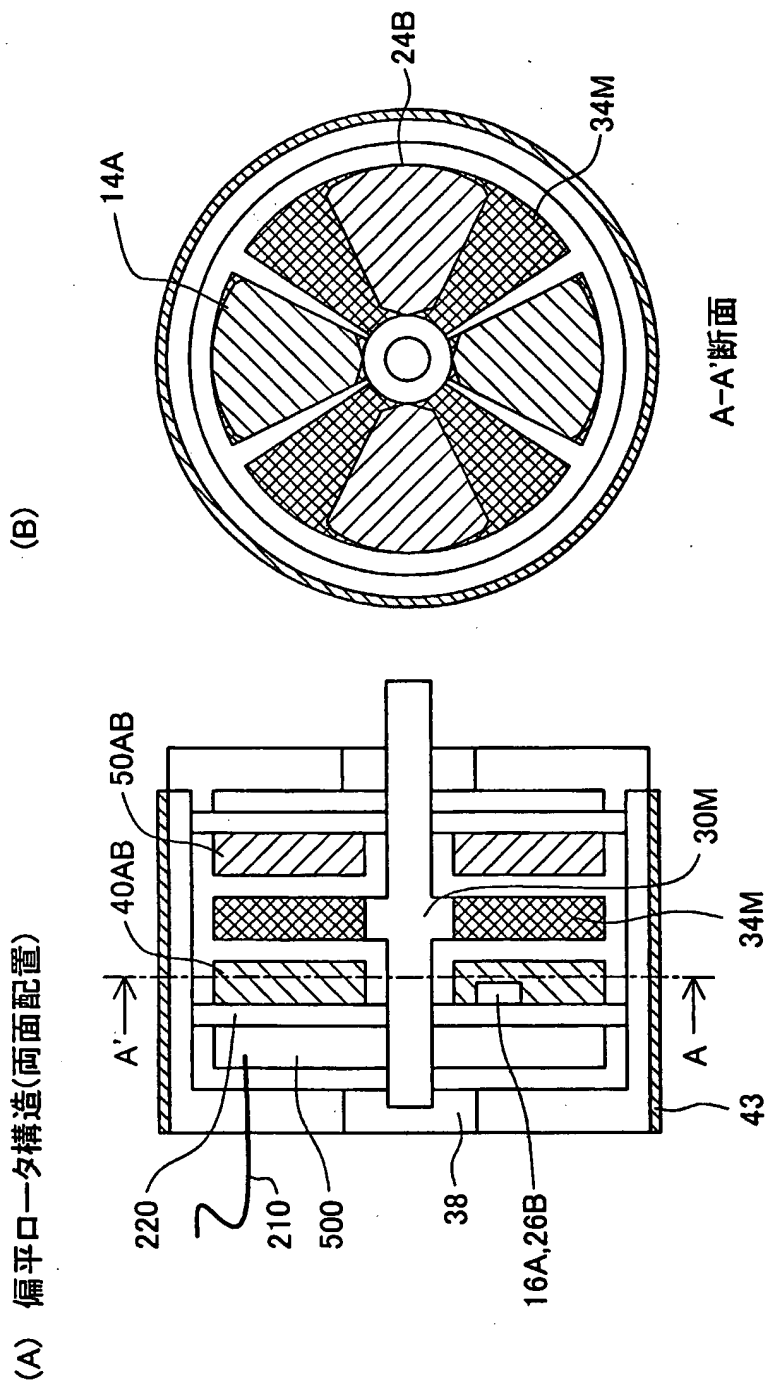


图 24

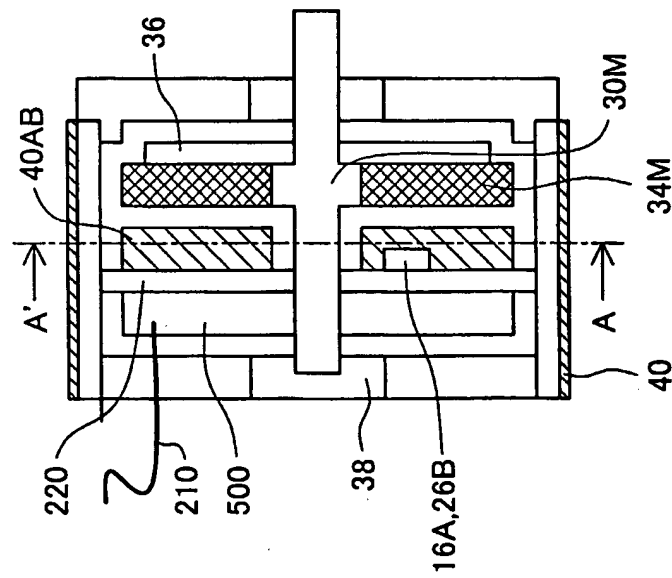
WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

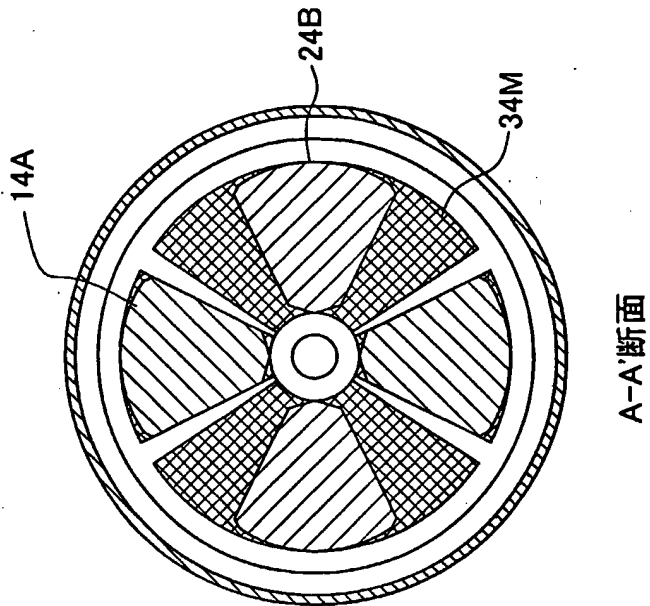
23/31

图 25

(A) 偏平口一々構造(片面配置)



(B)



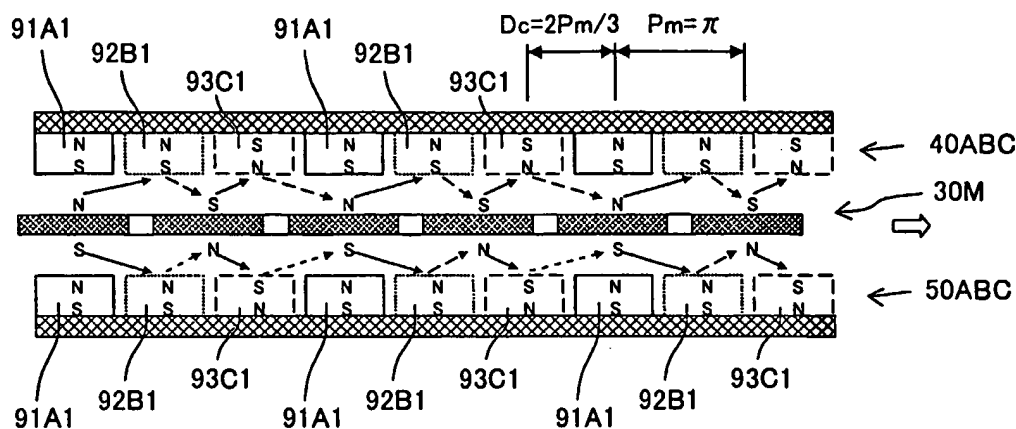
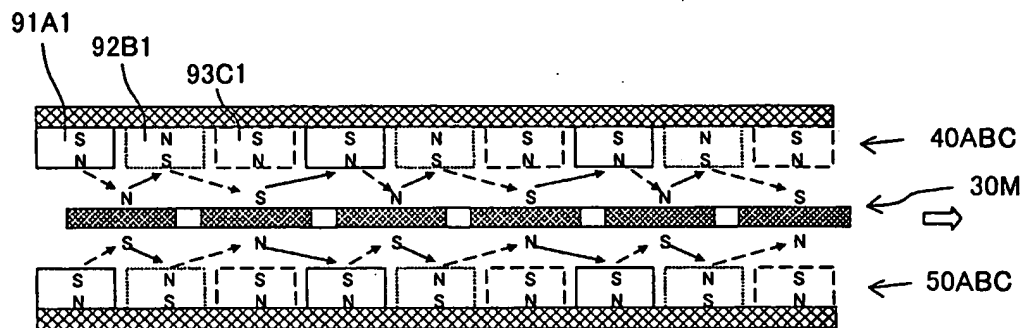
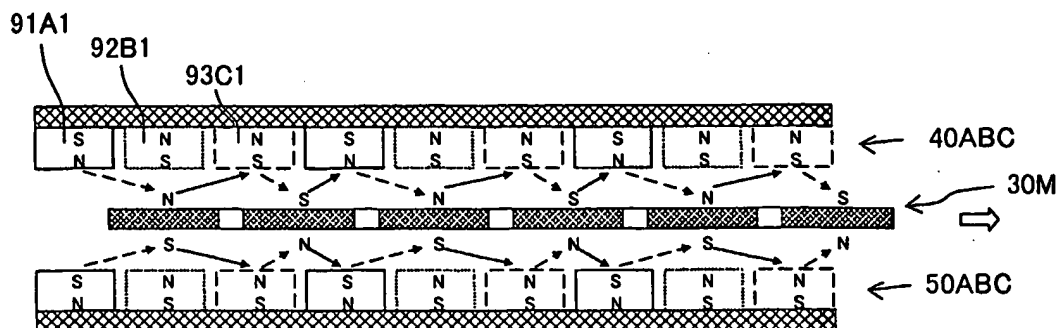
WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

24/31

図 26

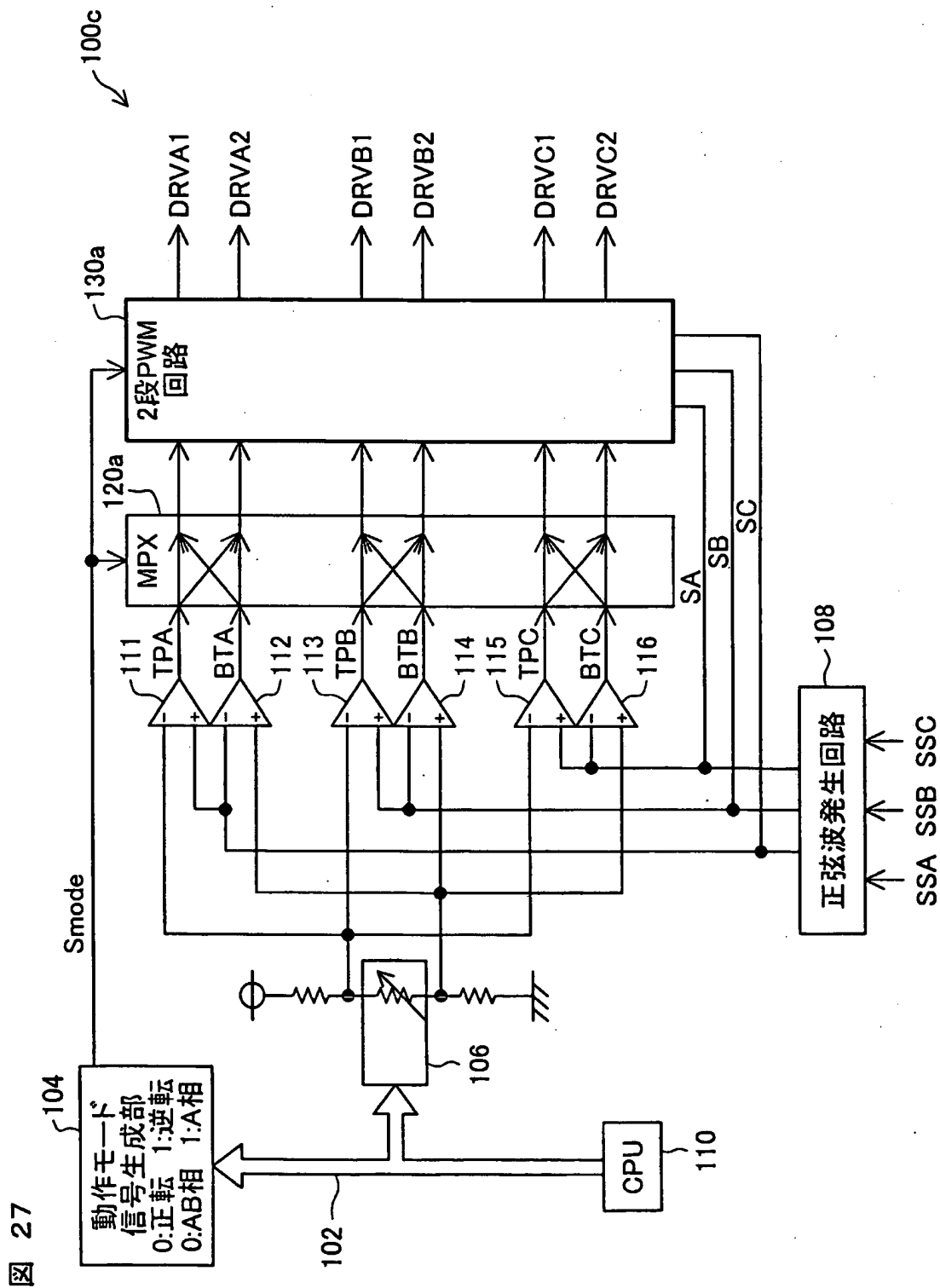
(A) 第2実施例(3相モータ)

位相 = 2π 直前 (2π でA相が極性反転)(B) 位相 = $\pi/3$ 直前 ($\pi/3$ でC相が極性反転)(C) 位相 = $2\pi/3$ 直前 ($2\pi/3$ でB相が極性反転)

WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

25/31



WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

26/31

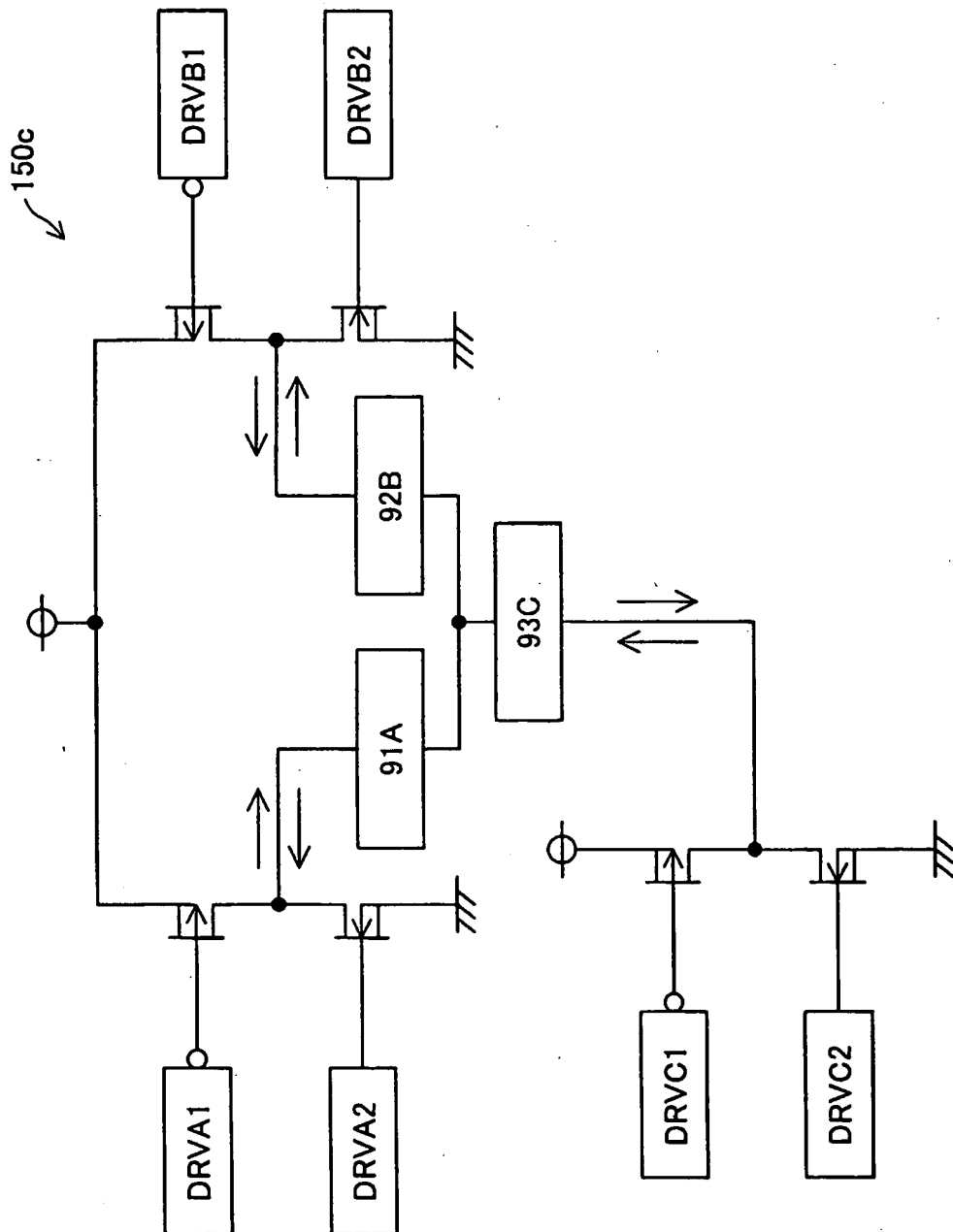


图 28

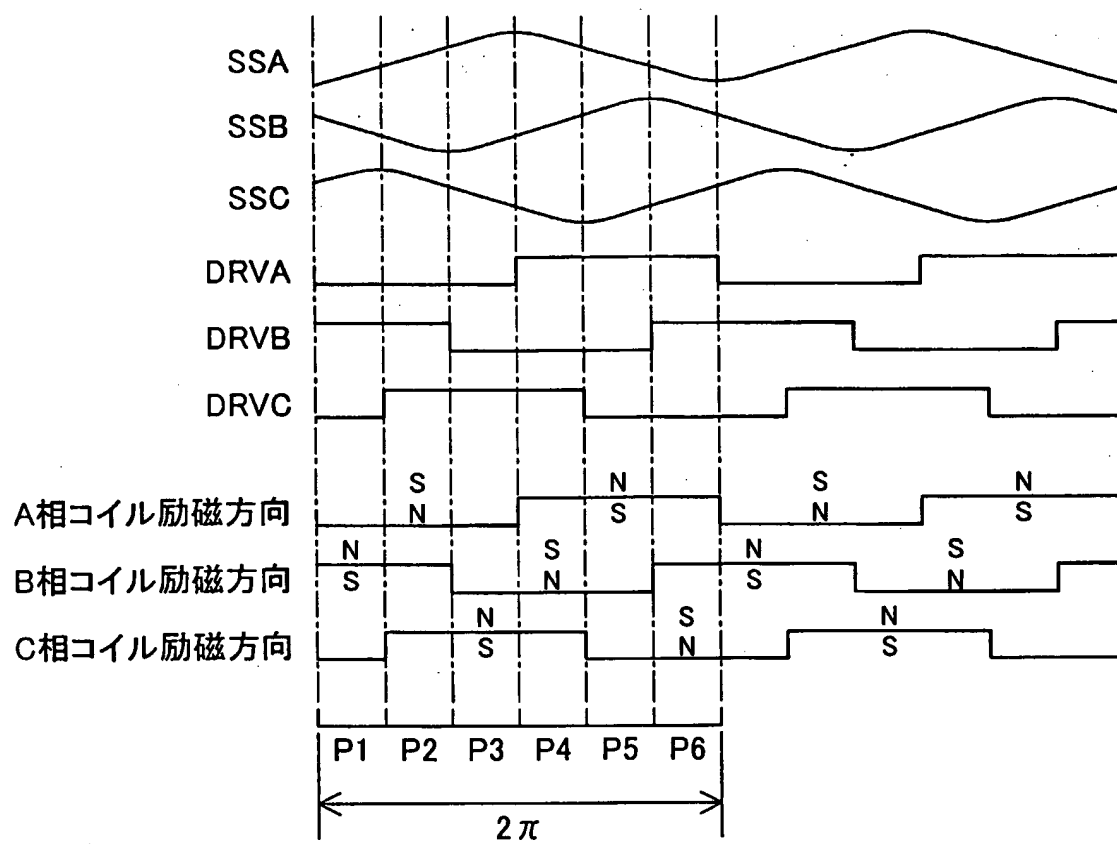
WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

27/31

図 29

3相タイミングチャート



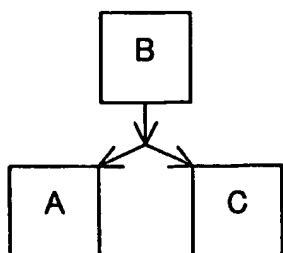
WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

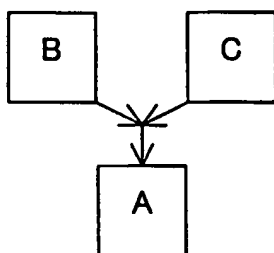
28/31

図 30

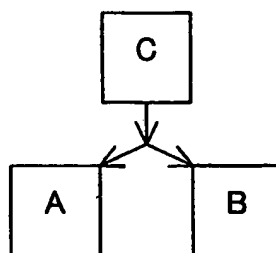
(A) 期間P1



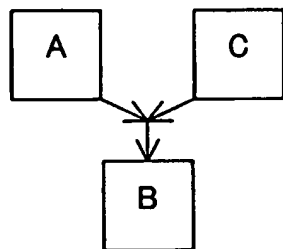
(B) 期間P2



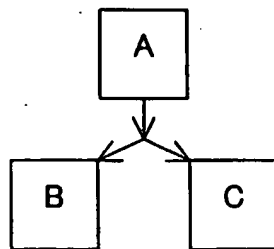
(C) 期間P3



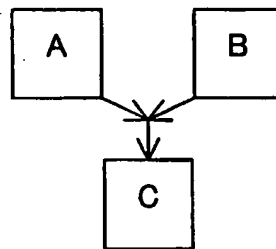
(D) 期間P4



(E) 期間P5



(F) 期間P6



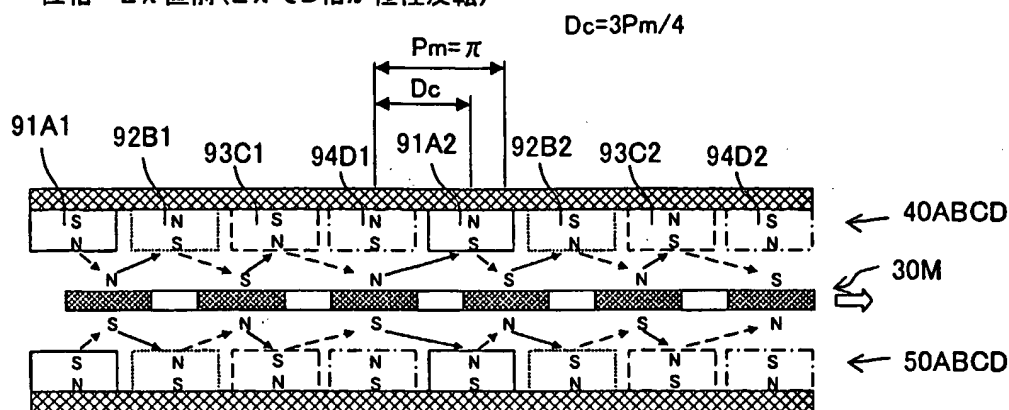
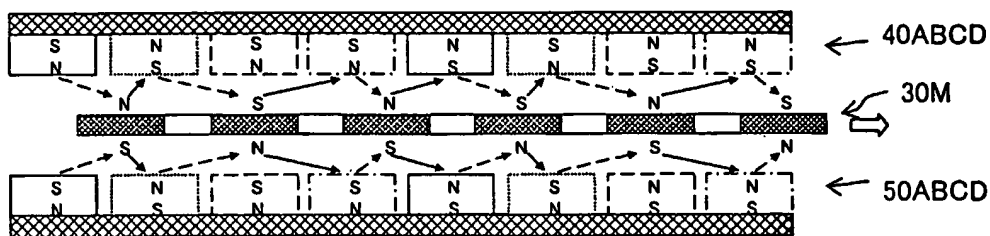
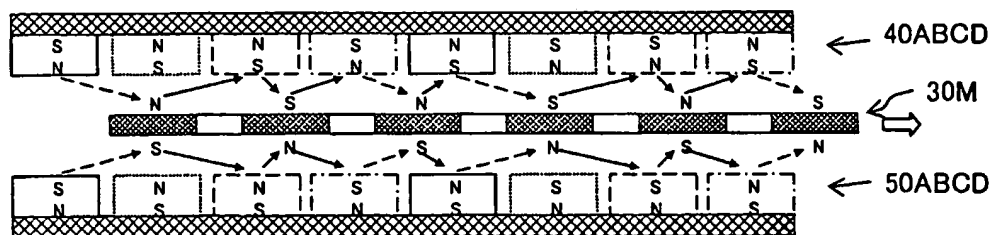
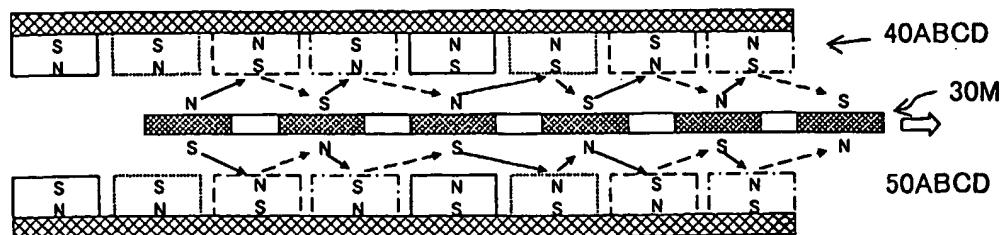
WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

29/31

図 31

(A) 第3実施例(4相モータ)

位相 = 2π 直前 (2π でD相が極性反転)(B) 位相 = $\pi/4$ 直前 ($\pi/4$ でC相が極性反転)(D) 位相 = $\pi/2$ 直前 ($\pi/2$ でB相が極性反転)(D) 位相 = $3\pi/4$ 直前 ($3\pi/4$ でA相が極性反転)

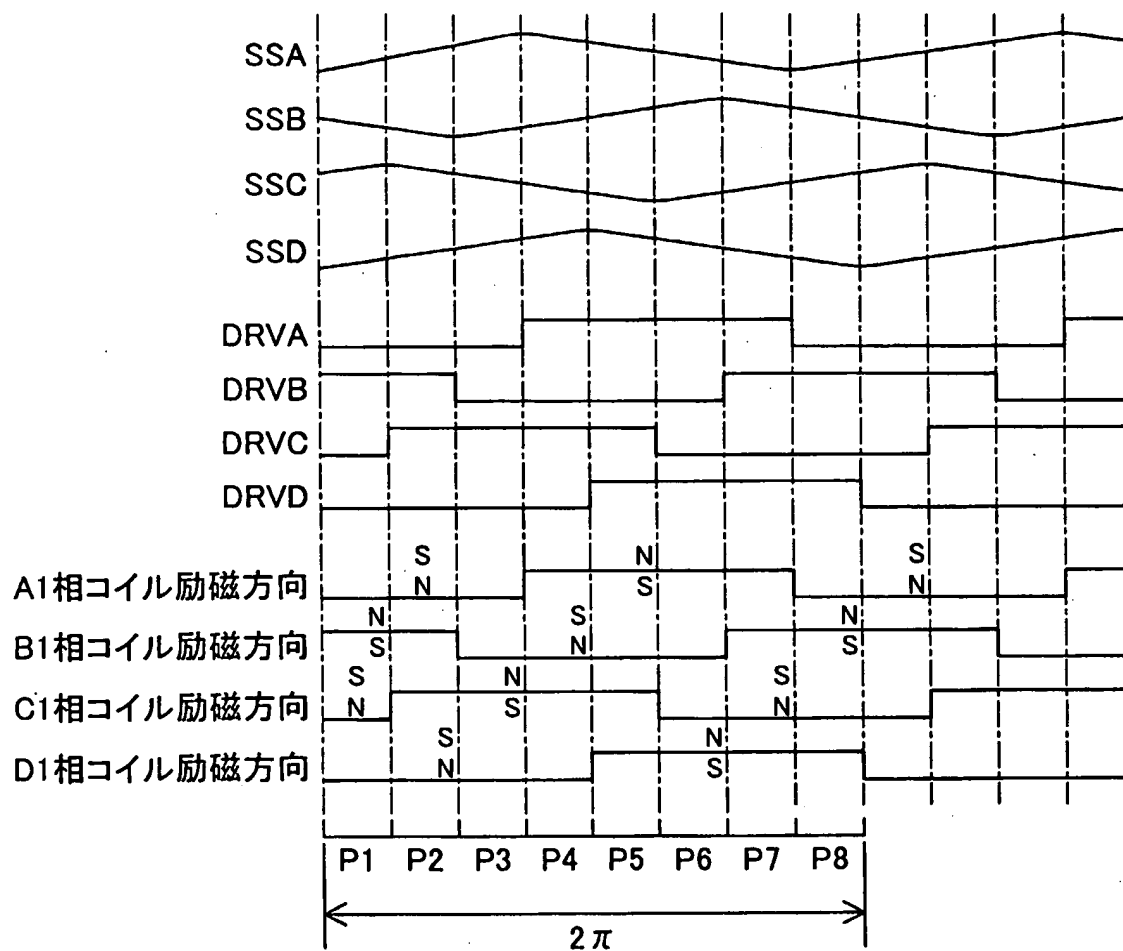
WO 2005/112231

PCT/JP2005/009316

30/31

図 32

4相タイミングチャート



WO 2005/112231

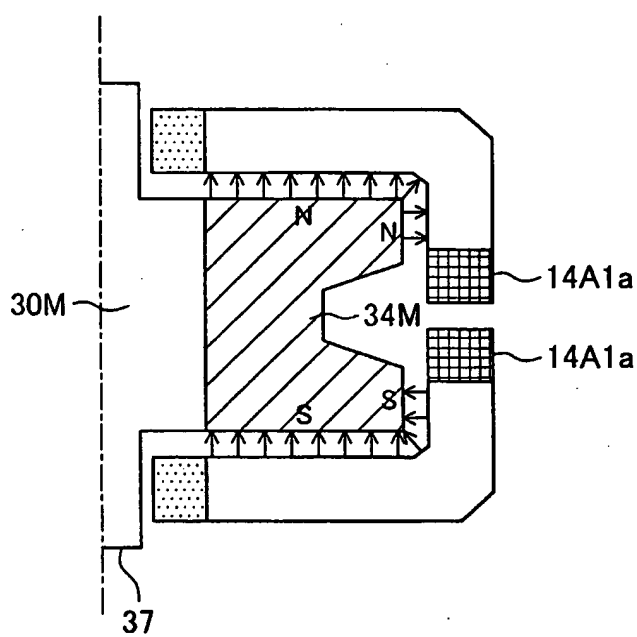
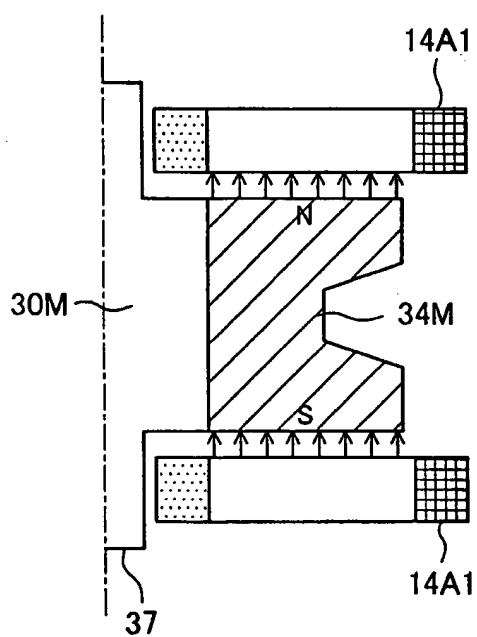
PCT/JP2005/009316

31/31

図 33

(A) 平面環状コイル

(B) 屈曲環状コイル



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/009316

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. ⁷ H02K21/24		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl. ⁷ H02K21/24		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 3062085 U (Yoen OU, Shubi RIN), 30 June, 1999 (30.06.99), Par. Nos. [0014] to [0025]; Figs. 1 to 16 (Family: none)	1-10, 13
Y	JP 2000-92759 A (Tatsumichi HANADA), 31 March, 2000 (31.03.00), Par. No. [0008]; Fig. 1 (Family: none)	1-10, 13
Y	JP 2003-506005 A (Adobansuto Rotari Shisutemuzu LLC), 12 February, 2003 (12.02.03), Par. Nos. [0060] to [0062]; Fig. 22 & US 2002-175582 A1 Par. Nos. [0129] to [0133]; Fig. 22 & WO 8283 A1	3
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 18 August, 2005 (18.08.05)		Date of mailing of the international search report 06 September, 2005 (06.09.05)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/009316

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 16098/1979 (Laid-open No. 117184/1980) (Sony Corp.), 19 August, 1980 (19.08.80), Page 8, line 15 to page 9, line 16 (Family: none)	6
Y	JP 9-275673 A (Tai-Her Yang), 21 October, 1997 (21.10.97), Par. No. [0015] & US 6297575 B1 column 9, line 24 to column 11, line 15 & EP 798844 A1	13
A	JP 9-238479 A (Sharp Corp.), 09 September, 1997 (09.09.97), Full text; all drawings (Family: none)	11, 12

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2005/009316	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. ⁷ H02K21/24			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. ⁷ H02K21/24			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2005年 日本国実用新案登録公報 1996-2005年 日本国登録実用新案公報 1994-2005年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
Y	JP 3062085 U (王魯燕, 林壽美) 1999.06.30, 【0014】 - 【0025】, 第1-16図 (ファミリーなし)	1-10, 13	
Y	JP 2000-92759 A (花田達道) 2000.03.31, 【0008】, 第1図 (ファミリーなし)	1-10, 13	
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリ 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願 の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 18.08.2005		国際調査報告の発送日 06.9.2005	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 牧 初 電話番号 03-3581-1101 内線 3358	

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2005/009316

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2003-506005 A (アドバンスト・ロータリー・システムズ・エル エルシー) 2003. 02. 12, 【0060】-【0062】, 第 22 図 & US 2002-175582 A1, 【0129】 - 【0133】, 第 22 図 & WO 8283 A1	3
Y	日本国実用新案登録出願 54-16098 号(日本国実用新案登録出願公開 55-117184 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマ イクロフィルム(ソニー株式会社) 1980. 08. 19, 第 8 頁第 15 行-第 9 頁第 16 行 (ファミリーなし)	6
Y	JP 9-275673 A (タイーハー ヤン) 1997. 10. 21, 【0015】 & US 6297575 B1 第 9 欄第 24 行-第 11 欄第 15 行 & EP 798844 A1	13
A	JP 9-238479 A (シャープ株式会社) 1997. 09. 09, 全文, 全図 (ファ ミリーなし)	11, 12